

This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + Refrain from automated querying Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Dette er en digital utgave av en bok som i generasjoner har vært oppbevart i bibliotekshyller før den omhyggelig ble skannet av Google som del av et prosjekt for å gjøre verdens bøker tilgjengelige på nettet.

Den har levd så lenge at opphavretten er utløpt, og boken kan legges ut på offentlig domene. En offentlig domene-bok er en bok som aldri har vært underlagt opphavsrett eller hvis juridiske opphavrettigheter har utløpt. Det kan variere fra land til land om en bok finnes på det offentlige domenet. Offentlig domene-bøker er vår port til fortiden, med et vell av historie, kultur og kunnskap som ofte er vanskelig å finne fram til.

Merker, notater og andre anmerkninger i margen som finnes i det originale eksemplaret, vises også i denne filen - en påminnelse om bokens lange ferd fra utgiver til bibiliotek, og til den ender hos deg.

Retningslinjer for bruk

Google er stolt over å kunne digitalisere offentlig domene-materiale sammen med biblioteker, og gjøre det bredt tilgjengelig. Offentlig domene-bøker tilhører offentligheten, og vi er simpelthen deres "oppsynsmenn". Dette arbeidet er imidlertid kostbart, så for å kunne opprettholde denne tjenesten, har vi tatt noen forholdsregler for å hindre misbruk av kommersielle aktører, inkludert innføring av tekniske restriksjoner på automatiske søk.

Vi ber deg også om følgende:

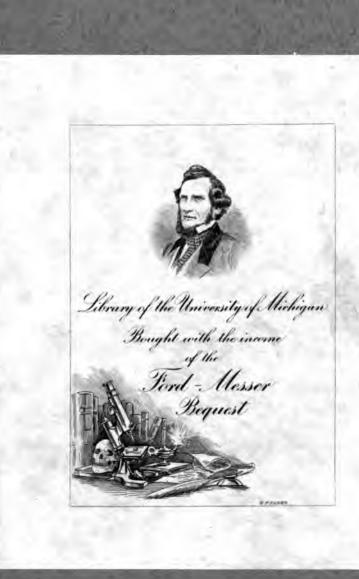
- Bruk bare filene til ikke-kommersielle formål
 Google Book Search er designet for bruk av enkeltpersoner, og vi ber deg om å bruke disse filene til personlige, ikke-kommersielle formål.
- Ikke bruk automatiske søk
 Ikke send automatiske søk av noe slag til Googles system. Ta kontakt med oss hvis du driver forskning innen maskinoversettelse,
 optisk tegngjenkjenning eller andre områder der tilgang til store mengder tekst kan være nyttig. Vi er positive til bruk av offentlig
 domene-materiale til slike formål, og kan være til hjelp.
- Behold henvisning Google-"vannmerket" som du finner i hver fil, er viktig for å informere brukere om dette prosjektet og hjelpe dem med å finne også annet materiale via Google Book Search. Vennligst ikke fjern.
- Hold deg innenfor loven

 Uansett hvordan du bruker materialet, husk at du er ansvarlig for at du opptrer innenfor loven. Du kan ikke trekke den slutningen
 at vår vurdering av en bok som tilhørende det offentlige domene for brukere i USA, impliserer at boken også er offentlig tilgjengelig
 for brukere i andre land. Det varierer fra land til land om boken fremdeles er underlagt opphavrett, og vi kan ikke gi veiledning
 knyttet til om en bestemt anvendelse av en bestemt bok, er tillatt. Trekk derfor ikke den slutningen at en bok som dukker
 opp på Google Book Search kan brukes på hvilken som helst måte, hvor som helst i verden. Erstatningsansvaret ved brudd på
 opphavsrettigheter kan bli ganske stort.

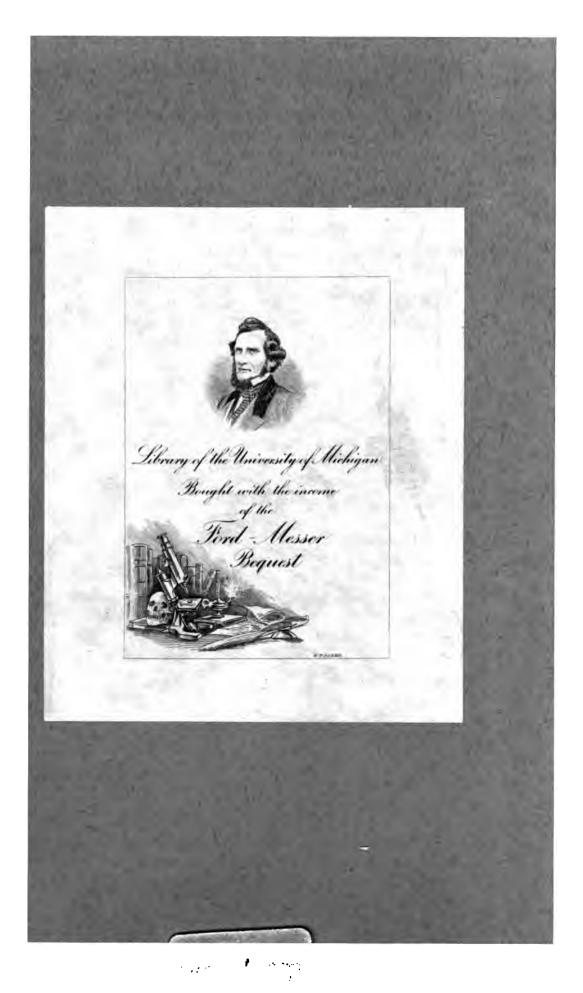
Om Google Book Search

Googles mål er å organisere informasjonen i verden og gjøre den universelt tilgjengelig og utnyttbar. Google Book Search hjelper leserne med å oppdage verdens bøker samtidig som vi hjelper forfattere og utgivere med å nå frem til nytt publikum. Du kan søke gjennom hele teksten i denne boken på http://books.google.com/













| | · | | |
|--|---|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Skrifter

udgivne at

Videnskabs-Selskabet i Christiania

1906.

I. Mathematisk-naturvidenskabelig Klasse.

(Med 24 grafiske Plancher, 223 Textfigurer og 1 Kart).

Christiania.

I Kommission hos Jacob Dybwad.

A. W. Broggers Bogtrykkeri.
1906.

•

Ford-M Levin 9-16-25 12313

Indhold.

| | | | Side |
|-----|----|--|-------|
| No. | ı. | Carl Lumholtz. Huichol-indianernes ornamentik. (Med 5 plancher og | 5146 |
| | | 170 textillustrationer) | ı 66 |
| , | 2. | A. W. Brøgger. Studier over Norges stenalder. I. (Med 47 textillustra- | |
| | | tioner og r kart) | 1 190 |
| | 3⋅ | Fridtjof Nansen. Northern Waters: Captain Roald Amundsen's oceano- | |
| | | graphic observations in the Arctic Seas in 1901. (With 11 plates and 4 | |
| | | textillustrations) | 1-145 |
| | 4. | Th. Hiortdahl. Fremstilling af kemiens historie. II. (Med 2 text- | |
| | | illustrationer) | 1- 75 |
| | 5. | H. Mohn. Klima-Tabeller for Norge. XIV. Nefiske vindroser | 1- 11 |
| | 6. | W. C. Brøgger. Die Mineralien der südnorwegischen Granitpegmatit- | |
| | | gänge. (Mit Tab. I—VIII) | 1-162 |
| , | 7. | Axel Thue. Ueber unendliche Zeichenreihen | 1- 22 |
| | 8. | L. Veqard. Beiträge zur Theorie der Lösungen. (Mit 4 Figuren im Text) | 1- 27 |

75

| | | · | | | |
|---|--|---|---|---|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | · | | |
| | | | | | |
| ` | | | | | |
| | | | | : | |
| | | | | | |



HUICHOL-INDIANERNES

ORNAMENTIK

AF

CARL LUMHOLTZ

(MED 5 PLANCHER)

(VIDENSKABS-SELSKABETS SKRIFTER. I. MATHEM.-NATURV. KLASSE 1906. No. 1)

UDGIVET FOR FRIDTJOF NANSENS FOND.

CHRISTIANIA

I KOMMISSION HOS JACOB DYBWAD

A. W. BROGGERS BOGTRYKKERI

1906



Nærværende ashandling vedrører en af Mexicos stammer, der paa grund as sin isolerthed har i merkværdig grad bibeholdt sin originalitet. Huichol-indianerne, som jeg var den sørste til at studere, besøgtes as mig i aarene 1895—96, 1898 og 1905. Det sørste resultat as mine studier as denne stamme var min paa engelsk udkomne ashandling: »Symbolism of the Huichol Indians, Memoirs of the American Museum of Natural History, Vol. III, New York 1900.«

Det her presenterede arbeide giver resultatet af et mangeaarigt studium af det emne, den omhandler. En bearbeidelse af dette emne udkom paa engelsk i December 1904 som et af de af »The American Museum of Natural History« i New York, udgivne »Memoirs«. Nærværende norske udgave er i det væsentlige overensstemmende med den amerikanske.

Paa en reise i Mexico i sommer fik jeg anledning til fornyet undersøgelse af det herhen hørende materiale saavelsom til fornyede konferancer med de indfødte. Som følge deraf har jeg her foretaget enkelte, omend ikke absolut væsentlige forandringer i min behandling af emnet.

Clichéerne er velvillig udlaante af det ovennævnte naturhistoriske museum i New York.

New York i november 1905.

Carl Lumholtz.

| · | | | | |
|---|---|---|--|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| · | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | ٠ | | |
| · | · | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

INDHOLD.

| Side | Side |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| I. Almindelige bemærkninger 1 | 29. Sommerfugl 40 |
| II. Fortegnelse over stiliserede mo- | 30. Borende larver 41 |
| tiver | 31. Larvegange 42 |
| 1. Dobbeltgræskarflaske 10 | 32. Egeblade og stilke med larve- |
| 2. Kam | gange 43 |
| 3. Fyrstaal 19 | 33. Græshoppe 43 |
| 4. Hakstok til at male pile- | 34. Græskarplante 43 |
| skafter med 22 | 35. Bønneplantens rod 44 |
| 5. Raspestok af hjorteben 23 | 36. Hápani 46 |
| 6. "Bedstemor Groes" stav . 24 | 37. Slyngplante 46 |
| 7. Mundharpe 25 | 38. Slyngplante 47 |
| 8. Puma | 39. Banan 47 |
| 9. Jaguar | 40. Maguey 48 |
| 10. Hund | 41. Palmetræ 49 |
| 11. Ekorn 28 | 42. Blomsten piríki 49 |
| 12. Hest 29 | 43. Blomsten totowáli 50 |
| 13. Oksehorn, fastsiddende paa | 44. Plante med stilk, blade og |
| pandebenet 30 | blomster 50 |
| 14. Kallun 30 | 45. Plante med stilk, blade og |
| 15. Kongeørn 31 | blomster 51 |
| 16. Kalkun 33 | 46. Blomsten toto 52 |
| 17. Blaaskrike 33 | 47. Blomsten uragáta 61 |
| 18. Kolibri 34 | 48. Blomsten corpus 61 |
| 19. Due 35 | 49. Lilje 62 |
| 20. Fugl fra kysten 36 | 50. Blomsten taté askutsi 62 |
| 21. Fuglen ravíki 36 | 51. Mos 62 |
| 22. Tvehovedet slange 36 | 52. Pleiaderne 63 |
| 23. Slangehoved 37 | 53. Lynild 63 |
| 24. Fisk 37 | 54. Gudsøie 63 |
| 25. Frosk | 55. Freno 64 |
| 26. Ferskvandskrabbe 38 | 56. Kors 65 |
| 27. Ræker | 57. Slangetegninger 66 |
| 28. Skorpion 40 | |

Nedenstaaende bedes bemærket med hensyn til udtalen af her i afhandlingen anførte huichol-ord:

l er altid tykt, som det østlandsk-norske tykke l. Det veksler undertiden med r. C udtales som th i eng. think.

Et bogstav oppe i linien i enden af et ord betegner, at vedkommende bogstav udtales meget svagt.

-- --

Huichol-indianernes ornamentik.

Αf

Carl Lumholtz.

I. Almindelige bemærkninger.

Interessen for primitive folkeslags ornamentik er af forholdsvis ny datum. Det ligger udenfor denne afhandlings ramme at give en historisk oversigt over, hvad der paa dette omraade er udrettet i det halve aarhundrede, der er forløbet siden Lane Fox og Colley March gjorde de første forsøg paa at komme til en forstaaelse af de barbariske og de vilde folkeslags kunst. Siden den tid har videre, heldige forskninger beriget vor forstaaelse af den primitive ornamentiks betydning, og der er nutildags faa, om overhovedet nogen, forskere, som betviler, at de fleste af det primitive menneske benyttede ornamentmotiver er resultatet af hans naturbetragtning. Han er tilbøielig til at give alle sine mønstre en bestemt betydning som repræsenterende noget, der er af vigtighed for ham, hvor vanskeligt det end kan falde os at gjenkjende disse ting.

Hensigten med denne afhandling er at vise, at alle af huicholerne benyttede motiver er afledede fra dyre- og planteverdenen, fra gjenstande, der er af betydning i stammens huslige og religiøse liv, og fra naturfænomener, som er folket velbekjendt.

Ved stilisering af de forskjellige mønstre opnaæs ofte meget tiltalende resultater, der tydelig vidner om stammens medfødte artistiske sans.

De i denne ashandling beskrevne ornamentmotiver er næsten helt og holdent hentede fra beklædningsgjenstande og er vævede, broderede eller virkede i perlearbeide. De er alle sammen udtryk for religiøse forestillinger, som gjennemtrænger hele solkets tilværelse; de er, med andre ord, permanente bønner.

Belter og baand, der betragtes som regn-slanger, er i og for sig bønner om regn og det som regnet bringer, nemlig god aarvekst, helbred og liv; og de mønstre, hvormed disse gjenstande er ornamenterede, er en efterligning af tegningerne paa ryggen af de virkelige slanger, saaledes som de aftegner sig for indianerens øie, og tjener det øiemed at udtrykke den persons ønske, som væver eller bærer baandet.

Alle mønstre paa tasker, tørklæder, skjorter, bluser og skjørter udtrykker bønner om et eller andet materielt gode eller om beskyttelse mod ulykker, eller tilbedelse af en eller anden guddom. Saaledes betyder det magiske dobbelte græskar, selv i sin mest stiliserede form, en bøn om vand, alt livs og sundheds kilde. Dyr som løven, jaguaren, ørnen o. s. v. udtrykker bønner om beskyttelse, saavelsom tilbedelse af den guddom, de tilhører. En liden hvid blomst, $t\bar{o}t\acute{o}$, som vokser i regntiden, da ogsaa maisen har sin kraftigste vekst, er paa samme tid et symbol for og en bøn om mais. Baade blomsten selv, der af fromme kvinder fæstes til deres kind med spyt, og dens afbildninger, har denne betydning.

Man har villet paastaa, at plante- eller blomstermotivers sorekomst hos Amerikas indianere skyldes fremmed paavirkning — at de bragtes ind af de tidligste missionærer, som ønskede at bortlede de indsødtes sorestillinger fra ornamenter af dyb symbolsk og religiøs betydning til planteverdenens uskyldige motiver. Dette er kun til en vis grad rigtigt. Det har s. eks. sin rigtighed med hensyn til tarascoindianerne i Michoacan, som i sit vakre lakerte arbeide i almindelighed kopierer blomster ester naturen og ingen symbolsk ornamentik har, enten sordi, som prosessor Frederick Starr paastaar, denne kunst ikke er oprindelig hos dem, eller sordi missionærerne sik stammen til at optage betydningsløse motiver.

Men paastanden passer absolut ikke paa huicholerne; for det første fordi missionærerne kun har bevirket forholdsvis faa og forbigaaende forandringer i denne stammes aandelige habitus, saaledes som jeg har paavist i mit værk om huichol-indianernes symbolisme¹. For det andet spiller blomster en vigtig rolle, og har altid gjort det, i disse indianeres religion. Hos dem er blomster, ligesom fuglenes fjær, bønner om regn og liv. De ofres til ildguden og andre guddomme, idet de nedlægges i tempelnicherne, ved kilder og damme, i huler og paa andre hellige steder. Ved visse festlige anledninger bærer kvinderne blomsterkranse paa hovedet eller sætter blomster bag øret, medens mændene fæster blomster i sin hat. Det er derfor ganske naturligt, at blomstermotiver i huicholernes ornamentik har

¹ Symbolism of the Huichol Indians, Memoirs of the American Museum of Natural History, New York, 1900.

faaet en ligesaa fremtrædende plads som dyremotiver. Jeg bruger udtrykket sornamentik«, skjønt jeg er i tvil, om der findes noget saadant som ornamentering blot og bart for pyntens skyld hos huicholerne, eller, for den sags skyld, hos nogetsomhelst primitivt folkeslag. Heller ikke kan man forklare primitive mønstre som et tilfældets værk alene; og man kan ikke fortolke et ornamentmotiv ved at gjætte sig til dets betydning efter det civiliserede menneskes tankegang; thi vi maa altid erindre, at naar man fortolker primitive symboler og mønstre, er det saagodtsom aldrig den forklaring, som først frembyder sig, der er den rigtige.

Et motiv kan i tidens løb komme til at blive i den grad stiliseret, at et civiliseret menneske ikke vil være istand til at gjenkjende den gjenstand, som kunstneren vilde gjengive, medmindre indianerne selv tolker det for ham. Selv om den oprindelige betydning af et hvilketsomhelst bestemt mønster skulde være glemt, saa holder ikke destomindre troen paa dets virkningsfuldhed sig, og mønstret bliver derfor bibeholdt.

Naar man ser over en række af huicholmønstre, kan man ikke undgaa at lægge mærke til, at der neppe findes to mønstre, som er ganske lige. Dette er karakteristisk for indianernes kunst. For en stor del af hænger naturligvis denne variation i mønstret af kunstnerens dygtighed og fantasi. En medvirkende aarsag dertil maa ogsaa søges i størrelsen og formen af den gjenstand, der skal ornamenteres. I meget smale belter og baand maa saaledes mønstret trykkes sammen, saa det faar et forandret udseende. Saa kan det igjen hænde, at en kvinde, altid paa jagt efter et nyt mønster, der tiltaler hende mere end det hun har, efterligner et som hun finder benyttet af en veninde.

De gjenstande, som huicholerne kjøber hos mexikanerne, og som er af ganske stor betydning for stammens kunstindustri, er væsentlig grovt bomuldstøi (sp. manta), naaler og traad, rød flanel, perler, kulørte lommetørklæder, uldgarn og fyrstaal. Sammen med det fremmede materiale har der indsneget sig en svag fremmed indflydelse i mønstrene, som dog i det væsentlige har holdt sig uberørt. Nogle nye motiver er kommet til, som

Den tvehovedede ørn, beskrevet og afbildet paa side 31, er saaledes efter min mening af indiansk oprindelse.

Dobbeltørnen er ikke original i Europa. Den brugtes af Hittiterne i Lilleasien for over 3000 aar siden. Se dr. Leopold Messerschmidt, *The Ancient Hittites*, Smithsonian Report 1903, side 699: »Den hyppig forekommende tvehovedede orn er... specielt merkværdig, fordi den danner et direkte forbindelsesled mellem nutid og hittitisk oldtid, thi den østerrigske dobbeltørn er laant fra den sidste. Den var først adopteret i Orienten af Seljuk sultanerne (i aaret 1217) og overførtes fra dem gjennem de tyske keisere, idet den først forekommer i deres vaabenskjold i 1345.«

Se ogsaa Oriental Elements of Culture in the Occident by dr. George Jacob, Smithsonian Report 1902, side 513: "Den tychovedede ørn er, som yel bekjendt, hittitisk,"

fyrstaalet, mundharpen, hesten, oksehornene o. s. v. Staalets form, som i og for sig er ganske vakker, er af huicholen blevet udviklet til interessante stiliserede mønstre for hans belter og tasker. Ja, disse indianere, som hædrer staalet paa grund af dets forbindelse med ildguden, har af det virket mønstre, som er vakrere end selve originalen. Glasperlerne har med sine forskjellige farver lettet gjengivelsen af symbolske mønstre og har forøget deres skjønhed. Saaledes var ogsaa deres indflydelse paa udviklingen af huicholernes kunst snarest en heldig.



Fig. 1. Huicholkvinder.

Derimod kan indsørelsen af kulørte lommetørklæder ikke ansees for at have været saa heldbringende. Skjønt de i skrigende farver fremstillede dyr og planter gjør et meget stærkt indtryk paa indianeren, er de dog som regel for vanskelige for ham at esterligne. Kun de saakaldte geometriske figurer er inden rammen af hans evner, og han optager dem, idet han lægger sin egen mening ind i dem. Men man vil let indse, at en fordærvet smag saaledes holder paa at saa indpas i hans kunst. Dog er der endnu ikke saa stor skade skeet, da lommetørklæder endnu sore-kommer forholdsvis sjelden blandt dem.

En ubetydelig maurisk indflydelse paa huicholernes motiver kan f. eks. spores i firkanterne og trianglerne, fig. 22, (smlgn. sidste planche i L'Orne-

ment des Tissus, par Dupont-Auberville, Paris, 1877, hvor man ogsaa vil kunne finde en del figurer, der ligner andre huicholmønstre, som ikke omhandles i denne ashandling). Hovedtrækkene i blomstermotivet, fig. 136, (det sørste i serien fig. 135) gjenkjendes som et spansk-maurisk motiv fra det semtende aarhundrede, skjønt der ikke nødvendigvis behøver at være nogen sammenhæng mellem dem. (Smlgn. Vorbilder-Sammlung, Verlag von Engelhorn, Stuttgart). Det vigtigste blomstermotiv i fig. 144 gjen-

findes i et spansk mønster fra det 16de aarhundrede i L'Ornement des Tissus, l. c. Borden paa fig. 46 er, ifølge den samme autoritet, ægyptisk.

Dekorative mønstre findes især vævet ind i uldne vævede varer, belter, haarbaand og tasker, eller broderet paa halstørklæder, skjørter o. s. v. (Sml. fig. 1—2).

Kvinderne gaar klædt i et kort skjørt (sp. enagua, huichol ibi) og bluse (sp. coton, huichol sjikúli), begge af grovt bomuldstøi og undertiden smukt broderet. Men mændenes dragt er mere kompliceret. Den bestaar væsentlig af en skjorte (huichol kamira, fra sp. camisa), enten lavet af grovt bomuldstøi eller vævet af uld og ofte udstyret med broderier. Over skuldrene bærer de et lidet sjal eller halstørklæde (sp. paño, huichol towára) af bomuldstøi, rigt broderet med rød og blaa traad og kantet paa nedersiden med et bredt baand af rød flanel. Stammen forfærdiger ikke nutildags uldtepper; muligens gjorde de det i tidligere tider, men nu kjøber de dem i mexikanernes butiker. De er i det hele taget ikke i saa særdeles almindelig brug. Skjorten holdes stramt rundt livet ved hjælp af et belte (sp. faja, huichol chuajáme), kunstnerisk vævet i uld, eller undertiden i bomuld. Uld har, som man kan vide, kun været huicholerne bekjendt, siden landet blev erobret af spanierne i det 18de aarhundrede. Til da var deres textilmateriale fiberen af visse agaver, og muligens i en vis udstrækning



Fig. 2. Belteende. Hovedmotiv: en dobbelt gjengivelse af blomsten piríki.

bomuld. Bomuldsgarn er nutildags sjelden hjemmegjort, men kjøbes i smaa kvanta i mexikanske butiker; hvidt og blaat er yndlingsfarverne. Vævede gjenstande af bomuld er meget sjeldne blandt huicholerne.

Mønstrene i vævede varer fremstilles ved selve vævningen. Motivet ved enderne af et belte er altid lidt forskjelligt fra det, som benyttes i midtpartiet. I almindelighed har man der en del siksakformede tværlinier eller et sreno-mønster¹. Kanterne af taskerne viser ogsaa mønstre, der er forskjellige fra dem, som findes paa selve tasken, og der kan iagttages en vis enssormighed i deres karakter.

Farverne er sædvanligvis sort eller hvidt, uldens naturlige farve. Undertiden bruges rødt, idet man faar traaden ved at række op rød flanel. Hjemmevirkede farver, gult og blaat, bruges ogsaa.

Alt vævearbeide udføres af kvinder, og neppe en dag forløber, uden at de tilbringer en del af tiden ved sin vævstol. Færdigheden er naturligvis meget forskjellig hos hver enkelt, skjønt jeg ikke erindrer at have seet noget stykke arbeide, som var virkelig daarlig udført.



Fig. 3. En kvinde ifærd med at væve et belte.

Vævstolen, paa hvilken de udfører sit ofte virkelig kunstneriske arbeide, er af den mest primitive konstruktion. Den ene ende er fastgjort til et træ eller en stok, den anden derimod til væverskens belte. Vævskeen er af fernambuk og ser ud som en jagtkniv eller et kort sværd. En kvinde, som var i stadigt arbeide ved sin vævstol, vilde tage omtrent seks dage til at gjøre færdig et belte eller et baand; men da hun har mange andre pligter at varetage, tager det hende ofte tre uger eller mere. Den del af rendingen, der lades aaben ved begge ender, flettes i en eller flere fletter.

Baandene (sp. cinta; huichol kurila eller kusjila) er smaa belter, men enderne behandles paa en ganske anden maade end ved belterne,

¹ Se side 64

idet rendingen tvindes i fire snore, hvoraf to og to forsynes med en dusk. Paa grund af baandets smalhed er mønstrene som regel i mindre maalestok og tillige finere udført. Et baand bindes i regelen rundt hovedet for at holde haaret i orden. Men ved festlige anledninger hænder det, at man pynter sig med en hel mængde. Undertiden syes henimod en tylvt af dem fast til midten af ét langt baand, og det sæt baand, som paa den maade kommer istand, kaldes kurtla kōkajāri. I almindelighed bindes to saadanne sæt krydsvis over ryggen, medens et eller flere kan bindes rundt livet, og den mængde flagrende baand giver manden, som bærer dem, et meget broget udseende. De mænd, der er udseede til at bringe maden til stammens ældste ved maiskage-festen (sp. tamales de maiz crudo)¹, er pyntet paa samme maade, og det samme er tilfældet med deltagerne i matachinernes dans², som først blev indført af kirken.

Tasker (sp. talega, huichol kutséli) væves i ét stykke, som derpaa foldes over paa midten og syes til paa siderne. Baand af samme materiale og med indvævede symbolske figurer fæstes til enderne af den aabne side, medens de to andre hjørner som regel pyntes med dusker. Ingen indianer er saa fattig, at han jo har en del tasker. Én maa han nødvendigvis have, da han ikke paa nogen anden maade kan bære med sig sit fyrstaal og knusk foruden lidt tobak og en eller to hikuli⁸. Denne taske fæstes rundt livet og hænger ned fortil; den hjelper saaledes ved sin vægt ogsaa til at holde skjorten nede.

De fleste af taskerne tjener dog ikke noget praktisk formaal. Ved festlige anledninger kan man se en mand bære helt op til et dusin af dem, hængende ned over hans sider, fæstet paa kors over skuldrene. Eiendommelige sæt af smaa tasker (kétsa lowámi) forekommer ogsaa. Fra tre til seks af dem bindes tæt sammen i en lang række ved enderne af den aabne side. De har ingen baand, men holdes rundt livet ved hjælp af en snor. Udførelsen af disse smaa tasker eller punge er udsøgt.

Uldskjorter, hvoraf der for nærværende neppe findes et halvt dusin i stammen, væves i form af et langt stykke, der brettes over og syes sammen paa siderne. De korte ærmer syes ind bagefter. Vævstolen, paa hvilken disse store stykker væves, stilles paa jorden.

Broderet arbeide $(r\bar{u}j\dot{a})$, som ogsaa mænd kan være flinke i, udføres i krydssting med beundringsværdig akkuratesse. Det udføres altid paa grovt bomuldstøi, og garnet faaes ved at række op rød flanel; undertiden

¹ Se »Symbolism etc.« s. 17; »Blandt Mexicos Indianere« II, 31.

^{2 »}Symbolism« etc. s. 177; »Blandt Mexicos Indianere« II, 61.

^{3 »}Symbolisme etc. s. 17-20; »Blandt Mexicos Indianeree II, 109 ff.

bruges forskjelligfarvet uldgarn. Naar tasker laves af bomuldstøi — hvilket forresten kun sjelden forekommer — broderes ogsaa de; men som regel er denne ornamenteringsmetode indskrænket til gangklæder. Tre rigt broderede skjorter, saavelsom et skjørt med smukt broderet bord i forskjellige mønstre findes i det amerikanske Naturhistoriske Museums samling i New York.

Stammen er overmaade glad i perler, isærdeleshed de smaa melkehvide, og baade mænd og kvinder bærer masser af dem rundt halsen. Forskjelligfarvede perlesnore laves ogsaa til øredobber (nakútsa), armbaand (matsúwa) og ankelbaand (kotsúpali), omtrent af samme art som det perlearbeide, der udføres i Ny Englands blindeinstituter. Ørepynten bestaar af rundt, aabent perlearbeide (se planche V, fig. 7—10), som i almindelighed fremstiller et blomstermotiv, med en langagtig forlængelse, der virkes til et mønster i harmoni med opfatningen af forlængelsen som en slange. Dobberne hænges med den runde del ned, paa en snor, der gaar gjennem et hul i øreflippen. Arm- og ankelbaand (se pl. V fig. 1—6) bestaar af solide, flade perlebaand med mønstre virkede ind i væven. Disse, saavel som de smaa græskar, fæstes undertiden med den ene ende fortil paa de almindelige perlesnore, som bæres rundt halsen, saa de danner et slags sammensat halsbaand.

I mit samkvem med huicholerne lagde jeg altid vind paa at faa en forklaring af ornamenterne paa de forskjellige gjenstande, som jeg erhvervede; men at faa saadan underretning er ikke saa let, som en vil tro. Ofte ved folk intet bestemt om mønstrene paa deres belter, og det var vanskeligt at finde en kvinde, som kunde fortolke en andens arbeide. De fleste oplysninger fik jeg hos forstandige gamle koner. Som regel var folk villige til at skille sig af med sit vakre arbeide, men det forekom ogsaa, at ingen indflydelse, ikke engang gobernadorens, kunde bevæge en kvinde til at sælge sit haandarbeide.

Et belte, baand eller en taske bevævnes i overensstemmelse med sin væsentlige ornamentering; saaledes kaldes f. eks. et belte, der har et kam-mønster (kam — matsikju), for matsikju kutsilåga (se motiv no. 2), et baand, der viser fyrstaalmotiver (fyrstaal — tautsju), kaldes tautsju kurila (motiv no. 3). Et baand, der fremstiller en klapperslange $(r\bar{a}j\acute{e})$, kaldes kupi kurijalåli, der betyder »sommerfugle-baand«, fordi tegningerne paa det betragtes som sommerfugle (kupi eller kupitsi); en taske, som er prydet med froskemotiver (frosk — $r\bar{u}kw\acute{a}$), kaldes $r\bar{u}kw\acute{a}tsi$ kuriari (se motiv no. 25). En taske, paa hvilken der er fremstillet en larves gange i barken af et træ (vedk. larves navn $kwisjt\acute{e}r$), kaldes kwits $kur\acute{a}li$ (se

motiv no. 31); et baand, der viser en række kaimaner eller alligatorer (hásji), kaldes hásji kurilajáli.

Hvor intet andet udtrykkelig siges, er de i denne afhandling omhandlede mønstre alle vævede.

Før jeg gaar ind paa mit egentlige emne, ansører jeg her til sammenligning en række stiliserede motiver, der findes paa huicholernes kultusgjenstande. Denne række er sammenarbeidet fra de motiver, der findes beskrevet i min sorhen nævnte ashandling »Symbolism of the Huichol Indians, Memoirs of the American Museum of Natural History, New York, 1900«. I denne symbolliste er de fleste piktografiske fremstillinger as dyr udeladt. Dette sorklarer delvis uoverensstemmelsen mellem de gjenstande, der fremstilles paa plancherne I—III, og de, der findes paa motiver hentede sra klædningsstykker 1.

Den ieinefaldende kjendsgjerning, at behandlingen af de forskjellige motiver paa kultus-gjenstande er langt mere naturalistisk og mindre stiliseret end paa de til dagligt brug bestemte gjenstande, er omhandlet og forklaret, i sammenhæng med lignende fænomener hos andre indianerstammer, af Dr. F. Boas i en afhandling i Popular Science Monthly, New York, oktober 1903.

II. Fortegnelse over stiliserede motiver.

De følgende sider indeholder en fortegnelse over de motiver, paa hvilke jeg har været istand til at faa en forklaring. Jeg har arrangeret materialet i overensstemmelse med motivernes betydning, ikke med deres form. Jeg begynder med et antal motiver, der er blevet mig forklaret som fremstillinger af kunstige gjenstande — den dobbelte græskarflaske, kammen, staalet, stokken til at male pile med, raspestokken af dyreben, Bestemor Groes (gudernes moders) stav, mundharpen — og har derefter taget for mig de motiver, som fremstiller pattedyr, fugle, krybdyr og andre dyr; dernæst de, der er blevet mig fortolkede som planter, og endelig en liden gruppe forskjellige gjenstande.

Mange af prøverne indeholder mere end et motiv. Hvor det forekom mig nødvendigt, er gjengivelsen af disse motiver blevet gjentaget paa hvert enkelt sted, hvor de hører hjemme. I andre tilfælde har jeg kun foretaget en henvisning til andre forekomster af samme motiv. Opmærksomheden henledes ogsaa paa den slaaende lighed, som der kan være mellem motiver, der forklares helt forskjellig.

Nogle af de originale forklaringer, som er mig givet af indianerne, synes at staa i strid med andre vidnesbyrd. I alle disse tilfælde har jeg omhyggelig gjengivet de oprindelige oplysninger, som jeg har faaet fra de indfødte. De vil i det følgende blive anført som »min oprindelige etikette«.

Motiv no. 1. Dobbelt græskarflaske. (Huichol, topolír eller kuraúli).

Se fig. 6-23; ogsaa 25, 37, 43, 49, 50, 55, 58, 66, 87, 119, 120, 123, 140, 141, 149, 153, 156, 162, 164, IV. 1-4, 7, 10, 11; ogsaa »Symbolism of the Huichol Indians«
s. 113, og s. 126 (fig. 134 j og 135 d).

Græskar dyrkes kun i liden udstrækning, men skattes ikke desto mindre meget høit. Der er tre slags — de, der spises; de, som man bruger til at lave tobaksdaaser af; de, som man laver vandbeholdere af (ofte i form af dobbelte græskar). Alle spiller en betydelig rolle i huicholens liv.

Ingen ret er mere paaskjønnet end det spiselige græskar, som paa huicholsproget kaldes *rútsi*, medens den haarde art i regelen kaldes kuraúli.

Tobaksdaaser af græskarskal (huichol jákwai) er hellige og en nødvendig del af hikulisankernes udstyr¹.

De store ovale græskarslasker (sp. bule; huichol $k\bar{a}j\dot{e}$) benyttes af kvinderne til at bære vand til huset. Den nedre del er slettet ind i et netverk af en stærk hyssing, lavet af barksiber. Hanken, som karret bæres i, er fæstet til to modsatte sider af netværket og gaar over bærerens pande eller stundom rundt halsen. Som prop bruger man bundter af blade fra det storbladede egetræ, eller maiskolber. Andre græskarslasker er runde af sacon og kaldes $z\acute{a}pala$ (rund). De har et hul anbragt paa den ene side. Saadanne kar væves suldstændig ind i et netværk af barksibre og bæres derester paa samme maade som de andre.

Den dobbelte græskarflaske er en naturlig vekst, der ligner to græskar forbundne ved en tynd hals. Symbolske figurer, i særdeleshed af hjorte

og hikuli, indridses eller males ofte paa den. Hikulisankerne benytter saadanne græskar til drikkekar paa sin reise til og fra hikulilandet og tillige som beholdere for det hellige vand, som de tager hjem med sig; kvinderne foretrækker dem ogsaa til dagligt brug. Den dobbelte græskarflaske er regnsymbolet par excellence, og dette motiv er derfor et af dem, der mest almindelig findes paa belter og baand, der, idet de betragtes som slanger, i og for sig er symboler for vand og regn. I de fleste tilfælde vil man paa disse gjenstande ved en nøiere undersøgelse finde græskarmotivet



Fig. 4. Hikulisankernes dobbelte græskarflaske. Høide 22.5 cm.

blandet med hovedmotivet. Det er ogsaa det motiv, som i sin endelige stilisering er mindst gjenkjendeligt, idet den oprindelige form deles i halvog endogsaa i fjerdeparter og disse dele benyttes som uafhængige motiver.

Proppen paa den dobbelte græskarflaske ligner oftest den paa almindelige græskarflasker. Paa det her afbildede exemplar er proppen skaaret ud i træ. Den nedre del af dobbelte græskarflasker kan ogsaa undertiden flettes ind i et netverk af hyssing, hvis lange ender bindes sammen og føres over panden. Men som regel bindes en dobbelt hyssingsnor rundt karrets hals, saa det danner en hank, hvori karret bæres, medens enderne bindes sammen i en hempe.

Den dobbelte græskarflaske antages at have tryllekraft og er blevet det kraftigste symbol paa vand. Den er ogsaa, med undtagelse af korset,

¹ Se »Symbolism of the Huichol Indians« s. 190—192, ogsaa 17—20; se »Blandt Mexicos Indianere«, II, 114.

sandsynligvis det i Amerika mest udbredte motiv. Naar det optræder reduceret til triangler og arrangeret i diagonal- og siksaklinier, bliver det næsten identisk med California-, Oregon- og Washington-indianernes tre-kantede motiver; men der fortolkes disse motiver i almindelighed som fjær- eller pilespidsmotiver, idet de spidse triangler forestiller indskjæringer i pilens fjær, eller ogsaa den trekantede pilespids. Det samme motiv findes ogsaa paa Nez Percés og de østlige Algonquin-indianeres vævede poser. Det er ogsaa typisk for det gamle pindsvinbroderi og brugtes meget almindelig saa vel blandt aztekerne, som blandt de gamle peruanere.

I fig. 5 har jeg givet en række af dobbelte græskarflaskemotiver; den er fremgaaet af studiet af et meget stort antal huichol-tasker, belter, baand o. s. v. Den første figur tilvenstre i øvre række er en ganske god gjengivelse af en dobbelt græskarflaske, og læseren vil med lethed kunne følge

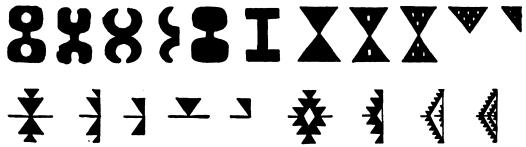


Fig. 5. En række dobbelte græskarflaskemotiver.

de forskjellige stadier i motivets udvikling indtil det tilsidst bliver et blot og bart triangel, en halv og tilslut en fjerdedels græskarflaske.

I anden række er snoren omkring flaskens midte blevet føiet til i skikkelse af en tverlinie. Her er ogsaa proppen blevet medtaget i motivet, og for symmetriens skyld har ogsaa flaskens bund faaet en prop. Det andet motiv er simpelthen halvparten af det første, skaaret over efter længden. I det tredie er propperne blevet udeladte. Det fjerde er overdelen af det første med proppen udeladt, og det femte er simpelthen halvparten af det fjerde. Det sjette er en mere symmetrisk gjengivelse af det første, idet to par spidser er blevet føiet til; man har her lavet et gudsøie i midten. Det syvende er en halvpart af det sjette. I det ottende og niende er antallet af spidser forøget, og flere rækker er ogsaa føiet til.

I fig. 6—22 vises anvendelsen af disse forskjellige dobbelte græskarflaskemotiver paa belter og tasker; disse motiver kan med lethed gjenkjendes 1.

De her og i det følgende anførte katalognumre er fra det Naturhistoriske Museum i New York.



Fig. 6.

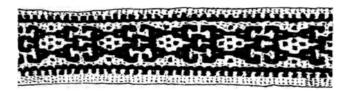


Fig. 7.

Fig. 6, 7. — Fra taskebaand. Motiv: Dobbelt græskarflaske. De symmetriske 4 prikker, som afveksler med det dobbelte græskarflaske-motiv paa de fig. 6, 7, 9 afbildede belter, viser den dobbelte græskarflaske, saaledes som den ser ud paa bagsiden af vævningen. Kat.-no. $1\frac{6}{2}\frac{5}{20}$, $1\frac{6}{4}\frac{5}{5}\frac{5}{9}$.



Fig. 8.

Fig. 8. — Fra et taskebaand. Motiv: slyngplante med dobbelte græskar-flasker. Kat.-no. $1\frac{6.5}{3.6}$.



Fig. 9.



Fig. 10.

Fig. 9, 10. — Fra taskebaand. Motiv: dobbelt græskarflaske. Kat.-no. $1\frac{65}{3}$ $\frac{65}{13}$ $\frac{65}{136}$ $\frac{65}{6}$



Fig. 11.

Fig. 11. — Fra en beltebord. Motiv: dobbelt græskarflaske. Kat.-no. 1355.



Fig. 12.



Fig. 13.

Fig. 12, 13. — Fra belter. Motiv: dobbelt græskarflaske og en rude, fremstillende et gudsøie (se motiv no. 54). Kat.-no. $\frac{65}{1431}$, $\frac{65}{3017}$.



Fig. 14.

Fig. 14. — Fra et belte. Motiv: dobbelt græskarflaske. Kat.-no. $\frac{6}{13}$ $\frac{6}{5}$ $\frac{5}{7}$.



Fig. 15.

Fig. 15. --- Fra et baand. Motiv: dobbelt græskarflaske. Gjentaget i pl. IV, b, fig. 11. Kat.-no. $\frac{6.5}{1.7.71}$.



Fig. 16.

Fig. 16. — Fra et belte. Motiv: dobbelt græskarflaske og rude fremstillende et gudsøie (se motiv no. 54). Dobbelte græskarflasker fylder ogsaa mellemrummene mellem gudsøinene. Samme belte er gjengivet i fig. 162, pl. IV, 7. Kat.-no. 1659.



Fig. 17.

Fig. 17. — Fra et taskebaand. Motiv: dobbelt græskarslaske. Samme belte er gjengivet paa planche IV, b, fig. 21. Kat.-no. 18#1.



Fig. 18.

Fig. 18. — Fra et baand. Motiv: dobbelt græskarflaske. Samme belte er gjengivet paa pl. IV, fig. 19. Kat.-no. 1974.



Fig 19

Fig. 19. — Fra et belte. Motiv: græskarflaske omgivet af spiraler, der forestiller plommeskind. Kat.-no. $\frac{65}{1419}$.



Fig. 20.

Fig. 20. — Fra et baand. Motiv: dobbelt græskarflaske og kam (se motiv no. 2). Gjentaget i fig. 25. Kat.-no. $\frac{3}{3}$ $\frac{6}{1}$ $\frac{5}{16}$.

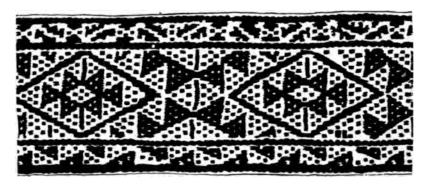


Fig. 21.

Fig. 21. — Fra et belte. Motiv: i midtmønstret, dobbelt græskarslaske og stor rude, der forestiller et gudsøie (se motiv no. 54); i borderne, græskarslaske. Det er bagsiden af dette belte, som her er gjengivet; fig. 12, 13, 15 og 16 viser det samme motiv fra forsiden; følgen er, at hvad der er hvidt paa fig. 21, er sort paa de andre gjengivelser. Den øvre bord af fig. 21 er utydelig; den viser imidlertid et sammensat motiv if den tredie type i fig. 5 og er særdeles lig fig. 7. Kat.-no. 1965.

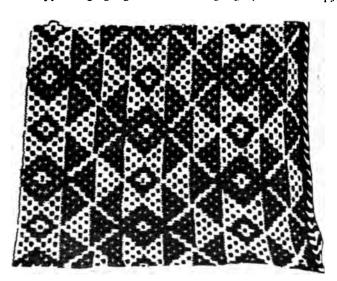


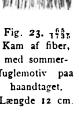
Fig. 22.

Fig. 22. — Fra en taske. Motiv: dobbelt græskarflaske, gudsøie (se motiv no. 54) og kors (se motiv no. 56). Et cora-fabrikat. Mønstret i denne taske, der i hosstaaende tegning, fig. 22, maa sees fra siden, er en meget slaaende illustration af det trekantede græskarflaskemotiv. Trekanten, som selv er en gjengivelse af den dobbelte græskarflaske, bliver mere gjenkjendelig som saadan, naar man sætter den paa toppen af en anden trekant, som man kan se dem paa borderne og tversover tasken paa midten. Men hvis man til hvert par af saadanne fuldkommengjorte afbildninger af græskarret føier trianglet foroven og forneden, bliver det en større og endnu fuldkomnere gjengivelse, idet propperne oventil og nedentil nu ogsaa sees. Taskens mest fremtrædende mønster er derfor tverrader, i hvidt, af dobbelte græskarflasker med propper. Paa billedet kan man skjelne tre rader, med to komplette motiver i hver af de øvre rader, medens de to paa den nedre rad mangler de nedre propper. Mellem hvert motiv i raden er der et sort gudsøie med smaa kors og et stort hvidt gudsøie, og indeni hvert motiv er der et lignende gudsøie med ét hvidt kors. Det bør bemærkes, at store og smaa øine frembringes af trekanterne (rudemønstret i hvidt). Kat.-no. 1959.

Motiv No. 2. Kam. (Sp., lechuguilla, huichol, matsikjúja). Smlgn. fig. 23-28; ogsaa 20, 137, 145; IV, S.

Danserne ved hikulifesten bærer kamme fæstede til sine belter. Disse kamme kaldes Oldefader Hjortehales kamme (Tatótsi Mara Kwari Mat-

sikjúja). De ligner smaa vispe eller sopelimer og laves af fiberen af en liden agave, der kaldes lechuquilla. Materialet bringes specielt fra hikulilandet, skjønt der kan neppe være tvil om, at planten ogsaa vokser i huicholernes land, siden den er almindelig over alle de moderat varme dele af Mexico. Naar man laver disse kamme, danner man haandtaget ved at binde basterne sammen med en snor af ixtle-fiber, som føres over og under smaa bundte af fiberen paa en saadan maade, at det danner et sommerfuglemotiv (se motiv Enden af snoren lader man fri forat have no. 29.). noget at hænge kammen ved. Snoren og enderne af børsten er farvet med fernambukfarve, og kammene varierer i længde fra 11 til 15 centimeter. Hikulisankerne, som, Fig. 23. 1635 medens de er paa reise, saavelsom under forberedelse til Kam af fiber, festen maa afholde sig fra at vaske sig og kjæmme haaret, fuglemotiv paa bruger den nye kam ester sesten, ved hvilken anledning haandtaget. de tager et bad og betragter sig som nye mennesker. Kam- Længde 12 cm.



mene bruges derpaa resten af aaret, d. v. s. til næste hikulifest; saa faar man igjen nye kamme.

I motivrækken (fig. 24) vil man se, hvorledes ujevnheden ved kammens top, der fremkommer ved sammenbindingen af fibrene, i motivet er blevet benyttet i begge ender; videre hvorledes den gradvis forsvinder, medens sommerfuglemotivet forbliver. Billedet af den kam, fra hvilken motivet her er hentet, viser en kam med lange fibre, saaledes som den bruges ved dansen. Efter festen skjæres de lange ender af, saa kosten bliver jevn i enderne.

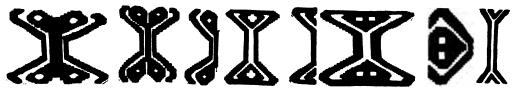


Fig. 24. Række af stiliserede kammotiver.



Fig. 25. Kammotiv.

Fig. 25. — Fra et baand. Motiv: Kam og dobbelt græskarflaske (se motiv no. 1). Gjentaget i fig. 20. Kat.-no. $\frac{6.5}{3.0.16}$.





Fig. 26. Kammotiv.

Fig. 27. Kammotiv.

Fig. 26. ... Fra en taske. Motiv: kam og blomst töfó (se motiv no. 46), ovre kant freno (se motiv 55). Gjentaget i fig. 145. Kat.-no. $\frac{66}{1333}$ e. Kat.-no. $\frac{66}{1733}$.

Fig. 27. — Taske. Motiv: kam og blomsten corpus (se motiv no. 48). Kat.-no. $\frac{65}{1301}$.

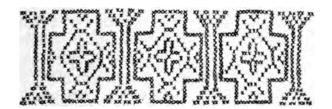


Fig. 28. Kammotiv.

Fig 28. — Fra broderi paa borden af en kvindebluse. Motiv: i hovedfeltet kam og blomsten tötó (se motiv no. 46). Kat.-no. 1933.

Motiv no. 3. Fyrstaal. (Sp., islabon; huichol, tautsu eller tautsju).

Se fig. 31-39.

Det redskab, som den dag idag benyttes til at slaa ild, bestaar af et stykke staal, som faaes fra mexikanerne, et stykke flint og noget knusk fra et egetræ, der bruges som tønder. Skjønt staalet først temmelig nylig er blevet indført, har det dog i overensstemmelse med den gjængse opfatning af redskaber til at frembringe ild med gjort et dybt indtryk paa stammens religiøse fantasi. Staalet er bedstefar ild (Tatévali), og gnisterne er hans ansigtsmaling (Tatévali uraija), medens knusken er hans mad (Tatévali ineva). Flinten er oldefar hjortehale (Tatótsi Mara Kwari).



Fig. 30. Stiliserede fyrstaalmotiver.

Fig 29. Fyrstaal.

Fig. 29 viser den almindelig brugelige form af fyrstaalet. Det er interessant at sammenligne dette motiv i det enkelte med visse andre motiver, med hvilke det viser et nært slægtskab i formen. Min ven, professor F. Boas ved Columbia universitet i New York, har underkastet dette motivs forekomst i huicholernes ornamentik en indgaaende undersøgelse, og jeg skal her tillade mig at anføre en del af de resultater, hvortil han er kommet. »I modsætning til kam-motivet (s. 17), der væsentlig optræder som skillelinje mellem 2 store mønstre — se f. eks. fig. 26, 27, 137 — og i mange tilfælde synes at være nær beslægtet med et rektangulært motiv af nogenlunde lignende stilling og form (smgln. 143, 144), forekommer fyrstaalmotivet i almindelighed som bord paa belter og paa smale baand, skjønt andre anvendelser af det ogsaa

findes. I almindelighed forekommer motivet som en sammenhængende række fyrstaal, stillet ved siden af hinanden paa den maade, at slagfladerne vender i modsat retning. De tynde ender med sine spiralformede afslutningslinier sættes saa i forbindelse med hverandre og optræder i form af en kantet eller bølgelinie, medens staalets tykke midtparti optræder i form af et trekantet ornament, der følger bølgeliniens brydninger. Dette trekantede element udvikles videre ved tilføielsen af buelinier, til det faar en blomsterformig skikkelse. Undertiden bringes fyrstaalets frie ender ikke i forbindelse med hverandre, men optræder som gratiøse spiraler. Den i fig. 30 fremstillede række typer og de paa side 21 gjengivne prøver illustrerer disse punkter meget tydelig.

Ligheden med blomster- og slyngplante-motiverne kommer især tydelig frem i de tilfælde, hvor midtpartiet er i høi grad overdrevet i størrelse (fig. 33). En sammenligning med borderne af mange af de her illustrerede exemplarer vil tydeliggjøre de talrige anvendelser af dette motiv. De i fig. 84 og 87 fremstillede mønstre, som der er forklarede som ferskvandskrabber, dele af egeløvsmotivet i fig. 101, og fremforalt slyngplantemotiverne paa s. 49 og 50 er alle nær beslægtede med fyrstaalmotivet. Vi gjenfinder endogsaa den samme karakter i arrangementet af blaaskrikerne, fig. 69, og i ekornhalerne, fig. 58.

Disse ligheder er naturligvis en følge af den almindelige stiliserende tendens, der ligger til grund for stammens ornamentik, og som gjør, at de geometriske motiver, saavelsom de realistiske former bliver arrangerede efter bestemte ornamentale linier. Blandt saadanne typer har kanske bølgelinien med ornamental udfyldning havt den videstrækkende indflydelse paa huicholernes kunst.

Det samme forhold kommer ogsaa for dagen i den hyppige forekomst af de triangulære former, der er forklarede som græskarmotiv. Den tvehovedede slange i fig. 31 bestaar næsten udelukkende af saadanne græskartrekanter, som dog paa samme tid maa forklares som slangens skjæl. Selv græskarflaskerne med snor er her faktisk de linier, der skiller hvert par slanger (smlgn. fig. 5, det halve motiv i anden linie).«



Fig. 31 — Fra et belte. Motiv: i borderne fyrstaal; i midtpartiet den tvehovedede slange (sml. motiv no. 22). Merk gudsøiet med et kors i, forestillende slangens øie. Der er ogsaa gudsøine mellem hovederne. Kat.-no. 1675.

Fig. 31. Fyrstaalmotiv.

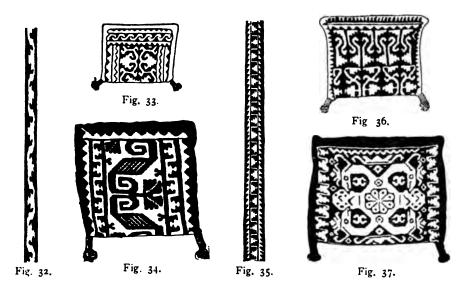


Fig. 32. Fyrstaalmotiver.

Fig. 32. — Fra borden af et belte. Motiv: fyrstaal. Kat.-no. $\frac{65}{1732}$.

Fig. 33. — Taske. Motiv: i hovedfeltet, fyrstaal; øvre bord, freno (se motiv no. 55). Kat.-no. 1\frac{6}{3}\frac{5}{5}\text{T}\ d.

Fig. 34. — Taske. Motiv: i sideborderne, fyrstaal; i hovedfeltet banan (se motiv no. 39). Kat.-no. 1850.

Fig. 35. — Fra et haarbaand. Motiv: i midtpartiet, fyrstaal; i borderne raspestok af hjorteben (se motiv no. 5). Kat.-no. $\frac{65}{169}$.

Fig. 36. — Taske. Motiv: fyrstaal. Kat.-no. $\frac{65}{1748}$ c.

Fig. 37. — Taske. Motiv: i sideborderne, fyrstaal; i hovedfeltet, kongeørn med krone (se motiv no. 15); ørnehale mellem nebbene; under nebbene dobbelt græskarflaske (se motiv no. 1); i midten blomsten tōtó (se motiv no. 46); langs den øvre bord siksaklinier, der sandsynligvis forestiller lynild (se motiv no. 53). Kat.-no. 1859.



Fig. 38. Fyrstaalmotiv.

Fig. 38. — Fra et belte. Motiv: i borden, fyrstaal; i midtpartiet, gudsøiet (se motiv no. 54). Selve tegningen, et øie indeni et øie, fremstiller en liden slange. Det hele mønster forklarer paa en slaaende maade den sedvanlige opfatning af et belte som ryggen af en slange. Kat.-no. 165 h.



Fig. 39. Fyrstaalmotiv.

Fig. 39. — Fra et haarbaand. Motiv: fyrstaalet. Kat.-no. 3657.

Motiv no. 4. Hakstok til at male pileskafter med. (Huichol, rulukuími).

Se fig. 40.

Den gjenstand, hvorfra dette motiv er taget, er det lille redskab, hvormed pilmageren maler siksaklinierne paa den vingede del af pilen; disse siksaklinier fortolkes som lynild. Det er meget vanskeligt at skjelne mellem dette og det næste motiv. Dog er kanterne paa dette sidste vistnok mere sagformede. Begge motiver forekommer meget hyppig. Der er i virkeligheden neppe en taske, hvor et af disse motiver ikke findes langs kanterne, men det vil i regelen være forgjæves at forsøge at henføre mønstrene til det ene eller det andet motiv.

Fig. 40. Hak-Udentvil er de fleste af dem ment at skulle fremstille raspestok motiv. stokken af hjorteben.



Fig. 41.



Fig. 42.

Fig. 41. — En med hak forsynet kultusgjenstand af træ, bundet fast til en pil, forestillende raspestok af hjorteben. Længde 12 cm. (Hvad de øvrige tilhængsler angaar sml. "Symbolism" etc. Fig. 108).

Fig. 42. — Tegning, der forestiller raspestok af hjorteben.

Motiv no. 5. Raspestok af hjorteben. (Huichol, kalatsíki).

Se fig. 41-43; ogsaa fig. 35, 49, 74, 87.

Dette motiv er hentet fra en gjenstand af træ, der forestiller den virkelige kalatsiki, d. v. s. hjortens metatarsalben. Den er lavet af fernambuk¹, omtrent 37 cm. lang, og lægges, enten alene eller bundet fast til en pil (sml. fig. 41), ind i et eller andet gudehus som en bøn om lykke paa dyrejagt. Det virkelige metatarsalben benyttes til akkompagnement af den bøn, der synges før hjortejagten. Musiken frembringes ved, at man gnider et ogsaa med hak forsynet skulderblad af en hjort mod metatarsalbenet².



Fig. 43. Taske, hvis border viser raspestokken af hjorteben som motiv.

Fig. 43. — Taske. Motiv: paa sideborderne raspestok af hjorteben; paa den øvre bord, græskarplante (se motiv no. 34); hovedfeltet: kolibri (se motiv no. 18); forbundet med kolibriens neb er blomsten af en slyngplante, der kaldes hápani (se motiv no. 36). Nær kolibriens fødder sees dobbeltgræskarflaske (motiv no. 1). Tōtó (motiv no. 46) og korsmotiver (motiv no. 46) kan ogsaa gjenkjendes. Gjentaget fig. 74. Kat.-no. $\frac{65}{136}$ g.

¹ Se »Symbolism.« etc. s. 205.

² Se »Symbolism.« etc. s. 206.



Fig. 44. (658).

**Bedstemor Groes« stav,

ovre del.

Motiv no. 6. "Bedstemor Groes" stav. (Huichol, Takótse Nākawé (Bedstemor Groe) kwalelé (stav)).

Se fig. 44-46; ogsaa 151.

»Bedstemor Groe«, huicholernes jordgudinde¹ og gudernes mor, fremstilles i regelen med en eller flere stave som tegn paa hendes store alder og myndighed. Disse stave er af bambusrør med rødderne siddende paa. Ofte er rødderne og deres forgreninger udskaaret saaledes, at de fuldkommen ligner slangehoveder; thi disse stave betragtes ogsaa selv som gudindens slanger.

De nedlægges i hendes hule som bønner om langt liv; og smaa eksemplarer af samme slags bambusstave ofres paa børns vegne, som bønner til undfangelsens og barnefødselens gudinde som udtryk for et ønske om, at barnet maa tidlig begynde at gaa, og at dets livssti maa blive lang.



Fig. 45.

Motiv forestillende

Bedstemor Groese

stav.



Fig 46. Motiv hentet fra »Bedstemor Groes« stav.

Fig. 46. Fra et belte. Motiv: i midtpartiet "Bedstemor Groes" stav og blomsten tōtó (se motiv no. 46); tversover enden: freno-motiv (se motiv no. 55). Ifølge min oprindelige etikette er motivet i midtpartiet garabato, som bogstavelig betyder en grydehank. I Mexico bruges ordet i betydning af "dekorative tegninger", og indbefatter gamle malede, ridsede eller i sten hakkede figurer. Den "civiliserede" indianer udtrykker med dette ord, at motivet kun har dekorativ betydning, hvilket er hans sædvanlige undvigende maade at tilkjendegive, at han ikke ved, hvad det betyder. Sandsynligvis betegner det blomsterlignende motiv mellem rødderne undertiden en hunds spor. Paa dette punkt var mine hjemmelsmænd meget usikre, og skjønt f. eks. fig. 107 ogsaa blev forklaret mig som en hunds spor, synes de indsamlede bevismidler, omhyggelig sigtede, nærmest at tyde paa, at de givne fortolkninger er rigtige. En

¹ Se »Symbolism« etc. s. 13, 51, 52. Ogsaa Bl M. Ind. s. II, 141 f.

hunds spor (d. v. s. en fortsat række hundespor) gives paa et baand (fig. 54) i form af en siksaklinie. Muligvis er stavens rodende blot og bart en stiliseret gjengivelse af en rod (se fig. 106). Gjentaget i fig. 151. Kat.-no. $\frac{6}{1}$ $\frac{6}{3}$ $\frac{5}{3}$.

Motiv no. 7. Mundharpe. (Sp., trompa; huichol, tolúpat). Se fig. 47.

Det musikalske instrument, fra hvilket dette motiv er afledet, sælges hist og her over hele Mexico; og skjønt jeg aldrig har seet det blandt huicholerne, kjender de det godt.

Fig. 47. — Fra broderi paa borden af en kvindebluse. Kat.-no. 1854.



Fig. 47. Mundharpemotiv.

Motiv no. 8. Puma. (Sp., leon; huichol, máje).

Se fig. 48-50; ogsan fig. 149, 155.

Dette dyr tilhører ildguden og afbildes altid med en blomst i halen; blomsten, som er tötó (se motiv no. 46, fig. 155), kaldes i saadanne tilfælde naósji. De parallele skraalinier betegner haarene eller pelsen (uráli).

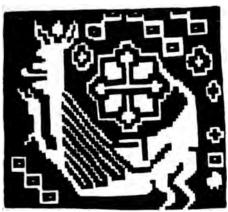


Fig. 48. Puma.

Fig. 48. — Fra en taske. Motiv: centralfiguren, en puma; i halen blomsten naósji (tōtó, se ovenfor); mellem ørene en fjær. Rektanglerne i hjørnerne forestiller larver (se motiv no. 30). Gjentaget i fig. 155. Kat.-no. 165/143 b.



Fig. 49. Pumamotiv.

Fig. 49. — Fra enden af et belte. Motiv: hovedfiguren, en puma, i halen blomsten naósji, over hovedet en krone, eller muligvis ører og en fjær; over halen en dobbelt græskarflaske (se motiv no. 1); paa borderne muligvis raspestokken af hjorteben (se motiv no.

5); eller halvparterne af dobbelte græskarflasker. Kat.-no. ^{6.5}/_{13.90}.
 Fig. 50. — Fra nedre halvpart af et halstørklæde (nu gaaet af brug). Det bestod af to rektangler, hvoraf halvparten vises, forbundne ved en strim-

mel billigt bomuldstøi, som gik rundt halsen, medens de broderede ender hang nedad ryggen. Motiv: hovedfeltet, puma med krone, eller muligvis ører og en fjær; i halen blomsten naósji, under halen en græskarflaske (se motiv no. 1); 3 figurer paa hver side - én nær pumaens hoved, to mellem poterne paa den øvre puma og halen paa den nedre - fore-



Fig. 50. Pumamotiv.

stiller blomsten tötó (se motiv no. 46), som desuden repræsenteres af en række kors nær puma'erne; en del dobbelte græskarflasker kan ogsaa gjenkjendes. Siksakborderne med prikkerne gjengiver græskarplanten (se motiv no. 34). Gjentaget i fig. 149. Kat.-no. $\frac{65}{1436}$.

Motiv no. 9. Jaguar. (Sp., tigre; huichol, túwe). Se fig. 51-53.

Jaguaren tilhører ildguden og Fader Sol og forekommer ikke ofte i billedlig fremstilling. At slutte fra den fortolkning, som blev mig givet af fig. 53, er figuren mellem øinene en fjær. Sammenlign foregaaende motiv.

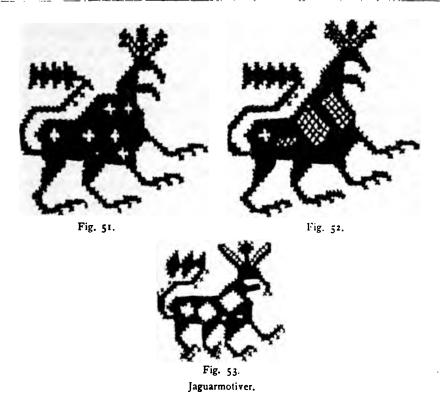


Fig. 51—53. — Fra broderier paa mandshalstørklæder. Kat.-no. $_{1\frac{6}{3}\frac{5}{0}5}$, $_{1\frac{6}{3}\frac{5}{0}5}$.

Motiv no. 10. Hund. (Sp., perro, huichol, çuk eller çúku). Se fig. 54 og 55.

Billedet af hunden sees ofte paa vævarbeider, især i belter, hvor en enkelt række saadanne figurer ofte afbildes langs hele beltet; herved fremkommer et meget iøinefaldende mønster. Det er værdt at lægge mærke til, at paa de to her gjengivne prøver vises der bare én forlab.

Fig. 54. — Fra et belte. Motiv: hund; siksaklinien under den forestiller hundesporet; den hvide prik under labben forestiller maiskagen (tortillas), som hunden skal spise; borderne, fyrstaal (se motiv no. 3). Kat.-no. $\frac{65}{10}$.



Fig. 54. Hundemotiv.



Fig. 55. Hundemotiv.

Fig. 55. — Taske. Motiv: i hovedfeltet, hunden; over halerne af to tæt ind paa hinanden staaende hunde blomsten tōtó (se motiv no. 46). Paa begge sider af tōtó en dobbelt græskarflaske (se motiv no. 1); to gudsøine (se motiv no. 54) i overkanten af feltet. Øvre bord, bananablade og -blomster (se motiv no. 39); sideborden, palmetræ (se motiv no. 41) og tvehovedet slange (se motiv no. 22). Dobbelte græskarflasker sees ogsaa. Kat.-no. 16572.

Motiv no. 11. Ekorn. (Sp. mex., techalote; huichol, takú).

Se fig. 56-59; ogsaa fig. 77, 167.

Det graa ekorn (Sciurus Nayaritensis, Allen) er et af de dyr, der tilhører Fader Sol, og det er i huicholernes mythologi en halvgud. Det forsvarede solen og hjalp den, da den første gang gik ned; derfor skattes dette dyr særdeles høit. Det er hikulisankernes veiviser paa deres reise for at hente



Fig. 56. Fig. 57.

Motiver afledede fra det graa
ekorn i textilarbeide.

de hellige planter, og pilegrimene bærer ofte dets hale paa sin hat. Udstoppede ekorn fremvises ved hikulifesten.



Fig. 58. Ekornmotiv.

Fig. 58. — Taske. Motiv: ekorn; mellem ekornene, gudsøine (se motiv no. 54) og dobbelte græskarflasker (se motiv no. 1). Kat.-no. $\frac{65}{65}$.



Fig. 59. Ekornmotiv.

Fig. 59. — Taske. Motiv: i hovedfeltet: i den øvre række, ekorn; i den nedre række, due (se motiv no. 19) med en hjort afbildet i mørk farve paa kroppen; tredie række freno (se motiv no. 55); nederste række, due; øvre bord, freno. Gjentaget i fig. 76. Kat.-no. $\frac{6.5}{1.6.5}$.

Motiv no. 12. Hest. (Sp. og huichol, caballo).

Se fig. 60.

Huicholerne kjender hesten, skjønt meget faa findes i deres land. Muldyr forekommer hyppigere; dog er ogsaa deres antal stærkt begrænset.



Fig. 60. Hestemotiv.

Fig. 60. — Fra en stor taske. Motiv: hest, muligvis omgivet af en lasso; venstre bord, fyrstaal (se motiv no. 3); øvre bord, freno (se motiv no. 55); figuren over de nedre hestes haler er blomsten tötó (motiv no. 46). Dobbelte græskarmotiver kan ogsaa gjenkjendes. Kat.-no. $\frac{65}{1370}$.

Motiv no. 13. Oksehorn fastsiddende paa hjerneskallen.

Se fig. 61.

Ved regnsesterne ofres der okser, og hornene tages af med en del af hjerneskallen. De pyntes med blomster og nedlægges paa et eller andet helligt sted som et offer til guderne, aldeles paa samme maade som hjortehoveder med vedhængende horn.

Fig. 61. — Fra borden paa en stor taske. Kat.-no. $7\frac{65}{36}$ 7.



Fig. 61. Oksehornmotiv.

Motiv no. 14. Kallun. (Huichol, raimoali). Se fig. 62, 63.

Dette er utvilsomt huicholernes ældste motiv.

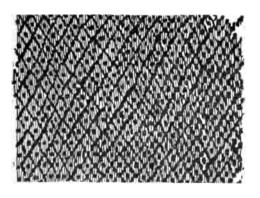


Fig. 62. Motiv fra hjortekallun.

Fig. 62. — Fra et gammelt klædningsstykke. Kat.-no. 1657. Fig. 63. — Fra en taske. Kat.-no. $\frac{65}{720}$.



Fig. 63. Motiv fra kokallun.

Motiv no. 15. Kongeern. (Sp., aguila real; huichol, vérika).

Se fig. 64-67; ogsaa 37, 78, 102, 108, 141, 156, 157.

Dette motiv og Europas tvehovedede heraldiske ørne har, som jeg har paavist i »Symbolism of the Huichol Indians«, intet med hinanden

at gjøre¹. Dog deles denne anskuelse ikke af dr. F. Boas, som tror, at »den tvehovedede ørn og andre lignende« heraldiske motiver er kopier af velkjendte europæiske motiver. En face seet betragtes ikke ørnen som fuldkommen, medmindre begge sider af hovedet vises. Denne fugl staar i forbindelse med ildguden, og dens fjære skattes høit. En ung hunørn holder verden i sine klør, og medens den er en legemliggjørelse af de øvre regioner, holder den øie med verden nedenunder, især med maisen.



Fig. 64. Ornehoved med top.

Alle de her afbildede ørne har top; og kroner kan man iagttage, ikke alene over hvert hoved, men ogsaa mellem dobbelthovederne. Dette skyldes berørelsen med civilisationen. Den unge kongeørn, som vogter paa verden, er i huicholernes øine synonym med Jomfru Maria, og den



Fig. 65. Kongeornmotiv.

¹ Se »Symbolism etc.« s 29.

forsynes derfor med en krone i lighed med de kroner, der sees paa helgenbilleder i gamle kirker.

Fig. 65. — Taske. Motiv: i hovedfeltet, kongeørn med top og krone; hjertet repræsenteres af blomsten tötó (se motiv no. 46); sideborderne er ferskvandskrabber (se motiv no. 26); de takkede rader mellem de to ørnes hoveder forestiller mos (se motiv no. 51). Et gudsøie (motiv no. 54) sees mellem de to ørne, hvor vingerne nærmer sig hverandre. Kat.-no. 1871.



Fig. 66. Kongeørnmotiv.

Fig. 66. — Taske. Motiv: i hovedfeltet, kongeørn med top, hjertet repræsenteret af blomsen tötó (se motiv no. 46); rundt om ørnen tötóblomster i to fremstillinger til, og dobbelte græskarflasker i fire skikkelser (se motiv no. 1); paa sideborderne, fuglen walimikale (se motiv no. 20); [efter min oprindelige etikette forestiller midtmotivet en hikulisankers ansigtsbemaling]. Gjentaget i fig. 78, 141, 156. Kat.-no. $\frac{65}{1364}$.



Fig. 67. Kongeørnmotiv.

Fig. 67. — Taske. Motiv: i hovedfeltet kongeørn med top (efter min oprindelige etikette, en hønsehøg); hjertet repræsenteres af blomsten tōtó; hele den ydre bord, blomsten tötó; (se motiv no. 46). Fjærene paa hovedet er udført i dristige og udtryksfulde brydninger, og forbindelsen af de to ørne til én er i høi grad artistisk og taaler meget vel sammenligning med europæiske heraldiske mønstre fra middelalderen. Hvor det ene par hoveder mødes med det andet par, frembringes der en meget smuk virkning ved fjærenes gratiøse buelinier, medens rummet mellem dem er virkningsfuldt udfyldt med et gudsøie (motiv no. 54) og dele af et tötómotiv (motiv no. 46). Den ydre bord er en række af gudsøiemotiver (motiv no. 54). Kat.-no. $\frac{6.5}{1.00}$.

Motiv no. 16. Kalkun. (Sp. mex., guajolote; huichol, alú).

Se fig. 68.

Denne fugl er vict til solen og er derfor af vigtighed for huicholerne. Hikulisankerne pryder sine hatte med kalkunens halefjær.

Fig. 68. — Broderi fra et mandshalstørklæde. Kat.-no. $\frac{6}{100}$.

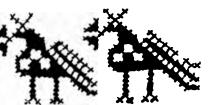


Fig. 68. Kalkunmotiv.



Fig. 69. Blaaskrikemotiv.

Motiv no. 17. Blaaskrike. (Sp., urraca; huichol, wa). Se fig. 69-70; ogsaa 66.

Denne fugl skattes paa grund af sine vakre lange halefjær. Huicholerne kjøber dem i regelen hos Cora-indianerne

og bruger dem ved visse anledninger som hovedpynt. En del fjære bindes ved penneposerne rundt en liden stok, der stilles ret op og ned under haarbaandet¹. Paa denne maade bruges de ved hikulifesten saavelsom ved matuchinernes dans, hvilken sidste er blevet indført af kirken.



Fig. 70. Blaaskriltemotiv.

¹ Se »Symbolism etc.« s. 178.

Fig. 69. — Fra en kvindebluse. Broderi. Motiv: blaaskrike. Kat.-no. 1817.
Fig. 70. - Taske. Motiv: blaaskrike, der spiser en guamuchil (se Mariano Barcena, Ensayo Estadistico del Estado de Jalisco, i Anales del Ministerio de Fomento, Mexico, 1891, IX, 540). Motiverne mellem fuglene er, med én undtagelse, dobbelte græskarflasker (se motiv no. 1) og blomsten tötó (se motiv no. 46). Kat.-no. 1837.

Motiv no. 18. Kolibri. (Sp., chuparosa: huichol, tupina). Se fig. 71-74.

Dette er en solfugl, og motivet træffes ofte paa belter og tasker. Fuglene fremstilles i regelen parvis, drikkende af en blomst. Pletterne paa fuglenes legemer er deres hjerte.



Fig. 71. Kolibrimotiv.

Fig. 71. — Fra et belte. Motiv: to kolibrier; mellem dem blomsten af pochote-træet. Dette er efter original-etiketten, skjønt denne blomst, at se til, er aldeles den samme som i fig. 72--74; Kat.-no. 1359.



Fig. 72. Kolibrimotiv.



Fig. 73. Kolibrimotiv.

Fig. 72, 73. Fra en stor taske. Motiv: to kolibrier, mellem dem blomsten af en slyngplante, der kaldes hapani (se motiv no. 36). Der er et dobbelt græskarflaskemotiv i fig. 72, og et tötomotiv i fig. 73. Kat.-no. $\frac{65}{10}$ fig.

Fig. 74. — Taske. Motiv: i hovedfeltet, kolibri; forbundet med nebbet er blomsten af slyngplanten håpani (se motiv no. 36); nær fodderne en dobbelt græskarflaske (se motiv no. 1); paa sideborderne raspestok af hjorteben (se motiv no. 5); paa den ovre bord, græskarplante (se motiv no. 34). Gjentaget fra fig. 43. Kat-no. 1859.



Fig. 74. Kolibrimotiv.

Motiv no. 19. Due. (Sp., paloma; huichol, wápu, waupúr eller waupúri).

Se fig. 75-77.



Fig. 75. Duemotiv.



Fig. 77. Duemotiv.



Fig. 76. Duemotiv.

Fig. 75. — Fra en taške. Motiv: due, paa kroppen er afbildet en hjort. Kat.-no. 3650.

Fig. 76. -- Taske. Motiv: overste rad, ekorn (se motiv no. 11); anden rad, due med en hjort, afbildet i mork farve paa kroppen; tredie rad, freno (se motiv no. 55); nederste rad, due; øvre bord, freno. Gjentaget fra fig. 59. Kat.-no. 1460.

Fig. 77. — Fra en liden taske. Motiv: due; paa kroppen rimeligvis en græshoppe (milso). Kat.-no. 1933;.

Motiv no. 20. Fugl fra kysten. (Huichol, walimikále). Se fig. 78; ogsaa 66, 139, 156.



Fig. 78. Motiv: fuglen walimikále.

Fig. 78. — Taske. Motiv: paa sideborderne, fuglen walimikále. Hvad resten af motivet angaar, se fig. 66. Gjentaget i fig. 66, 139, 156. Kat.-no. $\frac{66}{136}$.

Motiv no. 21. Fuglen raviki.

Se V, 3.

Motiv no. 22. Tvehovedet slange. (Huichol, takajupisu). Se fig. 31, 55. 114, 123; V, 1.

Dette iøinesaldende motiv bruges ret almindelig til belter. Slangen, som ester huicholernes opsatning omgiver verden, har to hoveder, mellem hvilke solen maa passere, naar den gaar ned; men denne slange kaldes $t\bar{a}t\acute{e}$ (moder) ipu^{1} . Skjønt dette er et andet navn end det, jeg sik for den tvehovedede slange i vævarbeide, er de to slanger sandsynligvis identiske.

¹ Smlgn. »Symbolism« etc., s. 81; ogsaa »Bl. mex. Ind « II, s. 200.

Motiv no. 23. Slangehoved. (Huichol, ráje moója). Se fig. 79.

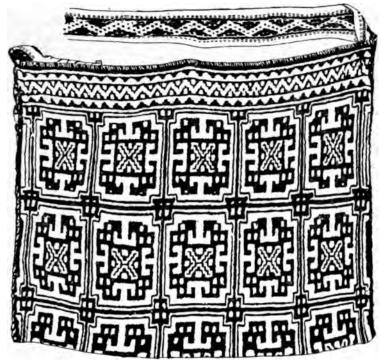


Fig. 79. Motiv: i hovedseltet, slangehoveder.

Fig. 79. — Denne taske siges at være Cora-indianeres arbeide. Kat.-no. 1555.

Motiv no. 24. Fisk (Sp., moyarra: huichol, sōpáli). Se fig. 80.

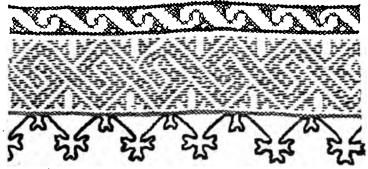


Fig. 8o. Motiv: i nederste rad fisk; i midtraden og borden, freno.

Jeg var ikke istand til nærmere at bestemme denne fisk, men ifølge indianernes udsagn er den liden, kort og tyk og kaldes paa spansk moyarra. Fig. 80. — Fra en broderet bord paa kvindebluse; se motiv no. 55. Kat.-no. $\frac{6.5}{1.0}\frac{5}{1.2}$.

Motiv no. 25. Frosk. (Huichol, rūkwá). Se fig. 81 og 82.





Fig. 81. Froskemotiv.

Fig. S2. Froskemotiv.

Teknisk er der en betydelig lighed mellem froskemotivet paa den ene side og kallun-motivet (fig. 62) samt maissymbolet hos pueblo-indianerne paa den anden side.

Fig. 81. — Fra en taske. Kat.-no. $1\frac{65}{72}$ 2.

Fig. 82. — Fra en taske. Kat.-no. $\frac{65}{146}$.

Motiv no. 26. Ferskvandskrabbe. (Sp., cangrejo; huichol, áinali). Se fig. \$3-87; ogsaa 65.

En slags ferskvandskrabbe, som dog ikke er saa stor, at man kan spise den, forekommer meget almindelig i huicholernes land. Den ansees virksom til at hjælpe til at skaffe regn.

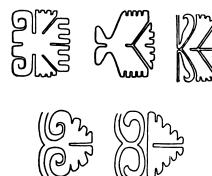


Fig. 83. En række stiliserede motiver forestillende ferskvandskrabben.



Fig S4. Motiv: ferskvandskrabbe.

Fig. 84. — Taske. Motiv: ferskvandskrabbe. Efter min oprindelige etikette har vi her fyrstaalsmotivet (se motiv no. 3). En sammenligning med motiv no. 3 viser ogsaa, at de stiliserede motiver der anførte som repræsentanter for fyrstaalet i høi grad ligner dette motiv. De mangler delingen i midtlappen. Kat.-no. 1653.





Fig. 85. Motiv: ferskvandskrabbe.

Fig. 86. Motiv: ferskvandskrabbe.



Fig. S7. Motiv: ferskvandskrabbe.

Fig. 85, 86. — Tasker. Motiv: hovedfeltet, ferskvandskrabbe; øvre bord, freno (se motiv no. 55). Kat.-no. $1\frac{6}{3}\frac{5}{4}\frac{7}{7}$, $1\frac{6}{3}\frac{5}{5}\frac{5}{5}$ a.

Fig. 87. — Taske (begge sider). Motiv: Ferskvandskrabbe. Ifølge min oprindelige etikette forestiller hovedmotivet en blomst med dens rødder; sideborden raspestok af hjorteben (se motiv no. 5); en sammenligning med fig. 101 vil vise, at det der forekommende motiv i sin sammensætning praktisk talt er identisk med nærværende. Motivet i fig. 101 forklares som markædte egetræsblade. Kat.-no. 135 T f.

Motiv no. 27. Ræke. (Sp., camaron: huichol, toakúsh, toakúr, eller tokúr).

Se fig. SS.

Ræker forekommer meget almindelig i den elv, som gjennemskjærer huichol-landet, og de fanges i specielt for det øiemed tilvirkede net. De spises stegt. Til stegningen bindes de sammen i en rad mellem to tynde stokke, som saa lægges over to stene nær ilden. Ligesom alle andre vanddyr ansees de som kraftige regnmagere.



Fig. SS. Rækemotiv.

Fig. 88. — Fra et belte. Motiv: ræke afvekslende med blomsten tōto (se motiv no. 46), som desuden repræsenteres af de smaa kors. Kat.-no. 165/121.

Motiv no. 28. Skorpion. (Sp., alacran; huichol, tamáts tealúka).
Se fig. 89, 90.

Skorpionen, der sorekommer meget hyppig i huichol-landet, betragtes som en gud og kaldes Ⱦldre broder« (tamúts). Dens vrede sorses ved ofring af maisgrøpe. Paa grund af sit gistige stik betragtes den som Fader Sols og den egentlige Ældre Broders (vindens og hikuliens guds) pil 1.



Fig. 89. Skorpionmotiv.

Fig. 89. — Fra et baand. Kat. no. $\frac{65}{173}$ T.



Fig. 90. Skorpionmotiv.

Fig. 90. — Fra et baand. Mellem skorpionerne er der en busk, der kaldes toj (se "Symbolism" etc. fig. 14), og muligvis et græskarmotiv (se fig. 104). Kat.-no. $\frac{65}{1603}$.

Motiv no 29. Sommerfugl. (Sp., mariposa; huichol, kupi eller kupits).

Se fig. 91-93.

Dette motiv er ikke sjeldent. Dets almindeligste form vises i fig. 91.

¹ Se »Symbolism etc. « s. 12.

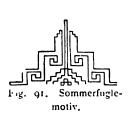




Fig 92. Sommerfuglemotiv.

Fig. 92. — Fra den broderede bord paa en kvindebluse. Motiv: sommerfugle, arrangerede parvis, saa de danner "gudsoine" (se motiv no. 54). Kat.-no. $\frac{65}{30}$.

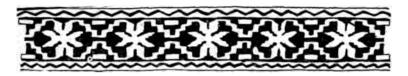


Fig 93. Sommerfuglemotiv.

Fig. 93. - - Fra et baand. Motiv: sommerfugl, vekslende med blomsten tōtó (se motiv no. 46). Kat.-no. 165 190 f.

Motiv no. 30. Borende larve. (Huichol, kwisjtér). Se fig. 94-96; ogsaa fig. 48.

Dette motiv forestiller en ukjendt art larve, som graver sig gange under træernes bark. Et temmelig realistisk forsøg vises paa fig 94, taget fra malingen paa en hikulisankers

ansigt. Se »Symbolism etc.«, fig. 277 b.







Fig. 95. Borende larve.

Fig. 96. — Larvemotiverne er saaledes arrangerede, at de danner "Gudsøine" rundt tötómotiverne (se motiv no. 46). Gjentaget i fig. 139. Taske. Kat.-no. 165.9.



Fig. 96. Motiv: borende larve.

Motiv no. 31. Larvegange. (Huichol, kúje urajáli). Se fig. 97-100.

Kúje betyder træ, og urajáli betyder »maling«. Bogstavelig betyder úra Ildgudens gnist, og betegner hikulisankernes ansigtsmaling; efter et substantiv benyttes formen urája eller urajáli. Saaledes bliver ordenes egentlige betydning »træets ansigtsmaling«. De her afbildede borgange er de, der frembringes af den i foregaaende motiv fremstillede larve.







Fig. 98. Motiv: larvegange.

Fig. 97. Motiv: larvegange.

Fig. 97, 98. — Fra baand. Motiv: larvegange. Det korslignende motiv, der sædvanligvis forestiller blomsten tötó (motiv no. 46; smlgn. motiv no. 27), fortolkedes af indianerne som det støv, som larverne borer ud af træet. Jeg tviler ikke paa, at korset i dette tilfælde har den betydning. Kat.-no. 1412, 1952.



Fig. 49. Motiv: larvegange.



Fig. 100 Motiv: larvegange.

Fig. 99. — Fra et baand. Motiv: larvegange og blomsten tötó i to former (se motiv no. 46). Kat.-no. $\frac{65}{1425}$.

Fig. 100. — Taske. Motiv: larvegange og blomsten tötó i to former. Kat.-no. $\frac{65}{3020}$.

Motiv no. 32. Egeblade og stilke, med larvegange. Se fig. 101.

Dette motiv kan betragtes som egetræets ansigtsmaling. (Se motiverne no. 30 og 31).

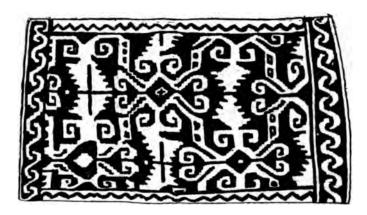


Fig. 101. Motiv: egeblade og stilke, med larvegange.

Fig. 101. — Taske, seet fra siden (begge sider). Motivet viser paa flere steder blade. De symmetriske figurer med tilhængte spiraler er sandsynligvis egebladenes stilke. Bladene selv fremstilles krøllet sammen, muligens fordi de er ormstukne; smlgn. fig. 87. Kat.-no. $\frac{6.5}{13.9}$.

Motiv no. 33. Græshoppe. (Mex. sp., chapulin: huichol, otsíka). Sc fig. 102.

Fig. 102. — Motiv: i sideborderne, græshoppe; hovedfeltet, kongeørn (se motiv no. 15).

Taske. Gjentaget i fig. 157. Kat.-no. 1 \frac{6}{3} \frac{5}{5} \sqrt{ d}.

Motiv no. 34. Græskarplante. (Huichol, kolokúra eller makú). Se sig. 103—105; ogsaa 43, 50, 74, 108.

Fig. 103. — Fra et baand. Motiv: græskarplante med blade og frugt (det slags græskar, der bruges til tobaksdaaser). Udveksterne paa græskarrene antydes ved



Fig. 102. Græshoppemotiv.

otte smaa fremspringende punkter. Korset inde i græskarret er muligvis blomsten tötó (se motiv no. 46), men kan maaske ogsaa forestille de pakker hellig tobak, som hikulisankerne bærer i disse daaser 1. Kat.-no. $\frac{6.5}{3}$.

¹ Se →Symbolism e'c. « s. 190 – 192.



Fig. 103. Motiv: græskarplante.

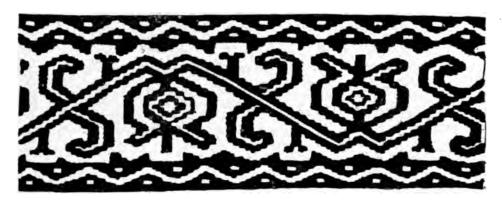


Fig. 104 Motiv: græskarplante.

Fig. 104. Fra et belte. Motiv: græskarplante med blade, slyngetraade og frugt; i hvert græskar sees blomsten tōtó, som staar i forbindelse med vand og mais. Kat.-no. $\frac{6.5}{6.6.3}$.

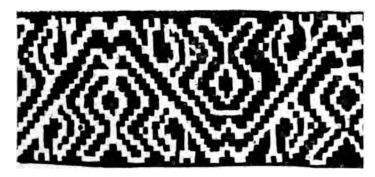


Fig. 105. Motiv: græskarplante.

Fig. 105. — Fra broderi paa en mandsuldskjorte. Motiv: græskarplante med blade, slyngtraade og spiselig frugt. Kat.-no. $1\frac{6}{3}\frac{5}{0}$ 9.

Motiv no. 35. Bønneplantens rod. Se fig. 166-169; ogsåa 138, V, 2.



Fig. 106. Række stillserede former, der forestiller bonneplantens rod.



Fig. 107. Motiv: bonneplantens rod.

Fig. 107. Fra et belte. Motiv: bønneplantens rod og blomsten töto (se motiv no. 46). Kat.-no. 165.

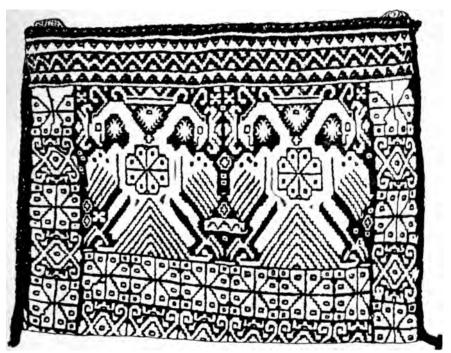


Fig. 108. Motiv: bønneplantens rod.

Fig. 108. — Taske. Motiv: i sideborderne, bønneplantens rod og blomsten tōtó; nedre bord, blomsten tōtó og under den bønneplantens



Fig. 109. Motiv: bonneplantens rod.

rod; hovedfeltet, kongeørnen (motiv no. 15), hvor hjertet er repræsenteret af blomsten tötó; øvre bord, græskarplante i frugt (se motiv no. 34). Kat.-no. $\frac{65}{136}$.

Fig. 109. — Fra et baand. Motiv: bønneplantens rod og en halv tötóblomst (ifølge min oprindelige etikette, piríki). Gjentaget i fig. 138. Kat.-no. $\frac{65}{1421}$.

Motiv no. 36. Hápani.

Se fig. 110-113; ogsaa 43, 72-74, 131, V, 5.

Denne slyngplante vokser paa sjeldsiderne; den har en spiselig rød frugt, der ligner tunaen, nopalkaktusens frugt.





Fig. 110. Motiv: hápaniblomst og kolibri (motiv no. kalken.

Fig 111. Motiv: hápaniblomst.

18) drikkende af blomster- Fig. 110. — Fra en taske. Kat.-no. 1859. Fig. 111. — Fra en taske. Kat.-no. $\frac{65}{1736}$.



Fig. 1.12. Motiv: hápaniplante med blomster og blade,

Fig. 112. — Fra broderi paa en mands halstørklæde. Kat.-no. 1855.

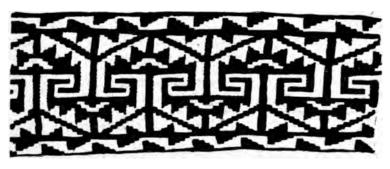


Fig. 113. Hápanimotiv.

Fig. 113. — Fra et belte. Kat. no. $\frac{65}{1723}$.

Motiv no. 37. Slyngplante. Se fig. 114, 115.

Jeg kunde ikke finde ud, hvilken slyngplante fig. 114 og 115 fore-Ved første øiekast ser det ud som et hápani-motiv, og vi har muligens her en gjengivelse af det motiv; dog vilde det være dristigt at klassificere det som hápani, da der er ting, som tyder paa, at det er en ganske forskjellig plante. Alle slyngplanter betragtes som slanger, og den her forekommende er en tvehovedet slange (se motiverne no. 22 og 57).



Fig. 114. Et slyngplantemotiv.

Fig. 114. Fra broderi paa den ovre bord af en taske. Kat.-no. 1657.



Fig. 115. Et slyngplantemotiv.

Fig. 115. — Fra et belte. Kat. no. $\frac{65}{3021}$.

Motiv no. 38. Slyngplante. Se fig. 116, 117.

Det videnskabelige navn paa denne slyngplante, der ligner en liden græskarplante, med en frugt som et diminutivt græskar (se motiv no. 34), er mig ikke bekjendt. Paa sp. mex. kaldes den comecate, paa huicholsproget kutáme.

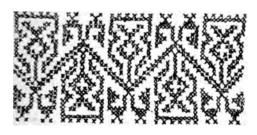


Fig. 116. Motiv: slyngplante med blomster og frugt.

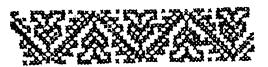


Fig. 117. Motiv: slyngplante med frugt og blade.
 Fig. 116, 117. — Fra broderi paa en kvindebluse. Kat.-no. 165/301.

Motiv no. 39. Banan. (Sp., plátano: huichol, kárusji).
Se fig. 118-120; ogsaa 34, 55, 140; V, 7, 9.

Denne plante dyrkes i det smaa langs floden Chapalagana og i de dybe dale, hvor klimatet er varmt.



Fig. 118. Bananmotiv.

Fig. 118. — Fra broderi paa en kvindebluse. Motiv: banan, med bladene vendt mod hinanden og en bananblomst hængende mellem dem. Kat.-no. 18504.



Fig. 119. — Fra et baand. Motiv: banan; øvre bord, fyrstaal (se motiv no. 3). Kat.-no.

Fig. 119. Bananmotiv.

Fig. 120. — Fra et belte.

Motiv: i midtpartiet,
banan; i borderne, dobbelt græskarflaske (se
motiv no. 1). Kat.-no.

203.

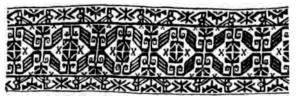


Fig. 120. Bananmotiv.

Motiv no. 40. Maguey. (Huichol, kakújste.)
Se fig. 121, 122.



Fig. 121. Motiv: magueyplantens blade og blomster.

Fig. 121. — Fra et broderi paa en mands halstørklæde. Kat.-no. $\frac{65}{1306}$.



Fig. 122. Motiv: magueyplantens blade og blomster.

Fig. 122. — Broderi paa en taske. Kat.-no. $1\frac{65}{3}$ $\frac{5}{3}$ $\frac{1}{1}$.

Motiv no. 41. Palmetræ. (Sp., palma; huichol, hakurita).

Se fig. 123; ogsaa fig. 55.



Fig. 123. Motiv; palmetræ; ogsaa tvehovedet slange (se motiv no. 22); nær slangen en liden dobbelt græskarflaske (se motiv no. 1).

Fig. 123. — Fra et baand. Kat.-no. $\frac{65}{1422}$.

Motiv no. 42. Blomsten piríki. Se fig. 124-126.

Blomsten vokser paa et stort træ; den vises her i de forskjellige former, hvori den forekommer paa baand.



Fig. 124. Motiv: blomsten pirski.

Fig. 124. — Fra et baand. Kat.-no. $_{1}^{6.5}_{4.1}^{5.5}_{3}$. Vid.-Selsk. Skrifter. I. M.-N. Kl. 1906 No. 1.



Fig. 125. Motiv: blomsten piríki.

Fig. 125. — Fra et baand. Kat.-no. $\frac{65}{1417}$.

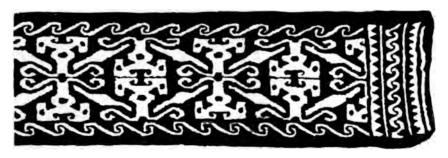


Fig. 126. Motiv: blomsten pirski.

Fig. 126. Fra et baand. Borderne, freno (se motiv no. 55). Kat.-no. $\frac{65}{202}$.

Motiv no. 43. Blomsten totowáli. Se fig. 127.

Dette er blomsten af palo mulato, som siges at være rød. Huicholerne fæster den til kinden med spyt, i hvilket tilfælde den kaldes toto-wáli urajáli (se under motiv no. 31).



Fig. 127. Motiv: blomsten totowáli; ogsaa blade.

Fig. 127. — Fra et baand. Kat.-no. $1\frac{6}{7}\frac{5}{6}$ 7.

Motiv no. 44. Plante med stilk, blade og blomster. Se fig. 12S-130.

Plantens navn kunde jeg ikke faa tag i. Motivet danner i sin mest stiliserede form, fig. 130, et meget smukt mønster.



Fig. 128. Blomstermotiv.



Fig. 129. Blomstermotiv.

Fig. 128, 129. — Fra et baand. Kat.-no. $\frac{65}{2022}$.



Fig. 130. Blomstermotiv.

Fig. 130. — Fra et baand. Kat.-no. $\frac{65}{3023}$.

Motiv no. 45. Plante med stilk, blade og blomster. Se fig. 131-133.

Planten, hvis navn jeg ikke kjender, er sandsynligvis en krybeplante. Ifølge min oprindelige etikette forestiller fig. 133 en hápani (se motiv no. 36), og rødderne omslynger en hikuli.



Fig. 131. Blomstermotiv.

Fig. 131. — Fra et baand. Kat.-no. $\frac{65}{177}$.

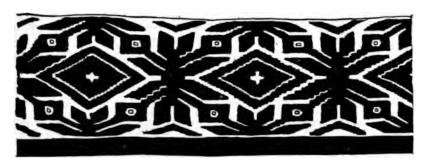


Fig. 132. Blomstermotiv og gudsøie.

Fig. 132. — Fra et belte. Kat.-no. $\frac{6.5}{2.15}$.



Fig. 133. Blomstermotiv.

Fig. 133. — Fra et baand. Kat.-no. $\frac{65}{1429}$.

Motiv no. 46. Blomsten tōtó.

Se fig. 136—157; ogsaa 26, 28, 37, 46, 48, 50, 55, 60, 65—67, 78, 88, 93, 96, 99, 100, 102, 107—109, V, 3, 4, 8.

Denne lille hvide blomst vokser i regntiden og er et symbol for regn og mais. Blomsten selv bruges som prydelse, og jeg har lagt mærke til, at kvinder fæster blomsterkronen paa sine egne eller sine børns kinder (fig. 134). I det tilfælde kaldes blomsten tötó urajáli eller naósji urajáli (se motiv no. 31).

Da jeg gav en indfødt en saks og et stykke hvidt papir og bad ham klippe blomsten tötó, saaledes som den virkelig ser ud, frembragte han den figur, som sees paa billedet fig. 135 (sidste afbildning), som kun har fire blomsterblade. Dette stemmer med fremstillingerne af blomsten i tekstilarbeide, hvor mønstrene altid har fire eller otte blomsterblade. Dog fremstilles den undertiden med fem kronblade. Hvad grund man kan have for at fremstille den med fire eller otte kronblade, er ikke let at indse, skjønt det er en kjendsgjerning, at indianerne med sine negle »forbedrer« blomsterkronernes form.

Man skulde tro, at sem vilde have været det mest passende tal, da det er et helligt tal, men muligens har tekniske vanskeligheder ved at benytte dette tal i textilarbeide umuliggjort dets benyttelse. Paa planche V. fig. 3 er blomsten fremstillet med fire kronblade, seet fra siden. Paa planche V, fig. 4, er den fremstillet med 8 kronblade, seet ovenfra. I fig. 8 paa samme planche er blomsten fremstillet med seks kronblade; idetheletaget forekommer den, ved øre-prydelser, i regelen med dette antal. Der er visse ting, som tyder paa sandsynligheden af, at tötó oprindelig har været og tildels endnu benyttes som navn paa blomster i almindelighed, eller ialfald paa en vis gruppe blomster. Motivet er et af de almindeligst forekommende paa tobaksdaaser af græskar, saavelsom i ansigtsmaling. En hvilkensomhelst stiliseret fremstilling af blomsten kaldes tötó sikutámi, i textilarbeide saavelsom i broderi og maling.



Fig. 134. Kvinde og barn med kroner af blomsten tötó fæstet paa kinderne.

Fig. 135 viser en række stiliserede former af tötó-motivet. Alle er vævede eller broderte med undtagelse af de to sidste. Det næstsidste mønster er i perlearbeide og viser blomsten seet fra siden. En vis lighed med orientalske motiver kunde muligens tyde paa tilstedeværelsen af en fremmed indflydelse; men paa den anden side er blomstermotiver efter sin natur underkastet visse begrænsninger, saa at man altid kan vente at finde en vis lighed mellem de hos vidt adskilte stammer og folkeslag forekommende former.

Den vidstrakte anvendelse af tötó-motivet viser paa en meget karakteristisk maade huicholens tendens til at give hvert mønster en egen fortolkning. De motiver, som ledsager blomstermotivet, fortolkes ofte paa en maade, som ikke harmonerer med blomsterforklaringen. Saaledes finder vi paa et broderet klædningsstykke (fig. 136) blomsten tötó, og paa hvert

kronblad et billede af en ara. I dette tilsælde bliver blomsten, samtidig med at den tjener som den baggrund, paa hvilken suglene er blevet indpasset, virkelig ogsaa af de indsødte opsattet som en blomst. I fig. 139 optræder tötó omgivet af larvegange, skjønt den her tydeligvis

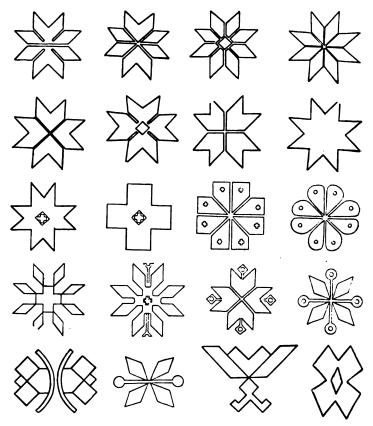


Fig. 135. En række tötómotiver.

kun tjener som centrum for et dekorativt motiv af samme type, som vi finder i fig. 154, hvor hele feltet forklares som et gudsøie. I atter andre tilfælde er dyrehjerter, særlig fuglehjerter og haletippen af en puma, fremstillet ved hjælp af denne blomst.

Fig. 136. — Fra broderi paa en kvindebluse. Motiv: blomsten tōtó. Paa kronbladene fremstilles araer. Firkanterne i de to nedre hjørner har indeni sig et stort og forskjellige smaa afbildninger af tōtó. Korsene (se motiv no. 56) betyder tōtó, men ogsaa de fire verdenshjørner. Nogle dobbelte græskarflaske-motiver sees. Kat.-no. 18501.

Fig. 137. — Fra et belte. Motiv: i midtpartiet tötó og kam (se motiv no. 2); smaa dobbelte græskarflasker sees; i borden fyrstaalet (se motiv no. 3).
Fig. 138. — Fra et baand. Motiv: blomsten tötó og roden af en bønneplante (se motiv no. 35). Gjentaget fra fig. 109. Kat.-no. 1\$55.



Fig. 136. Totómotiv.

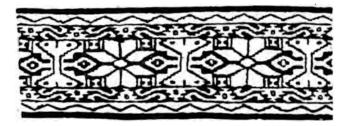


Fig. 137. Totomotiv.



Fig. 138. Totómotiv.

Fig. 139. — Fra en taske. Motiv: blomsten tōtó omgivet af borende larver (se motiv no. 30). Tōtómotivet, som delvis er omgivet af smaa korsformede tōtómotiver, er sat i en ramme, der danner et "gudsøie" (se motiv no. 54). Gudsøiet staar igjen i den korsformede gjengivelse af tōtó. Rundt



Fig. 139. Totómotiv.

den danner larverne et gudsøie. Det er ogsaa værdt at lægge mærke til, hvorledes korset danner et grundmotiv for tasken, som det deler op i firkanter. Gjentaget fra fig. 96. Kat.-no. $\frac{65}{1459}$.



Fig. 140. Totomotiv.

Fig. 140. — Fra et belte. Motiv: i midtpartiet, blomsten tötó. Det lille fremspring paa hver side af blomsten gjør dette motiv forskjelligt fra alle de øvrige. Smlgn. tötómotivet i fig. 93. I fig. 140 sees ogsaa smaa dobbelte græskarflasker (se motiv no. 1); i borderne, banan (se motiv no. 39). Kat.-no. $\frac{65}{3024}$.



Fig. 141. Tötómotiv.

Fig. 141. — Taske. Motiv: blomsten tôtô i tre former, seet som hjertet i og paa begge sider af kongeørnen (se motiv no. 15), nær nederdelen af vingerne, saavelsom over hovederne. Med hensyn til resten af motiverne se fig. 66. Gjentaget i fig. 66, 78, 156. Kat.-no. $\frac{65}{13}$ fig.



Fig. 142. Totómotiv.

Fig. 142. — Fra et belte. Motiver: to former af blomsten tōtó er fremtrædende; desuden sees korsformede figurer, der ogsaa forestiller tōtó, gudsøine (se motiv no. 54), oksehorn (se motiv no. 13). Kat.-no. $\frac{65}{1427}$.



Fig. 143. Totomotiv.

Fig. 143. — Fra et belte. Motiv: tōtó. Ogsaa gudsøine (se motiv no. 54) og korslignende figurer (tōtó). Kat.-no. $\frac{65}{1409}$.



Fig. 144. Totomotiv.

Fig. 144. — Fra en taske. Denne vakre taske bestaar væsentlig af tötómotiver. Man kan lægge mærke til, at hver blomst er anbragt indi en anden mere stiliseret gjengivelse af samme motiv (et kors, fig. 135, som desuden i diminutiv form findes i centrum af de fleste af blomsterne). Selv de smaa rektangulære tilsætninger oventil og nedentil er sandsynligvis yderst stiliserede former af dette motiv. Skraalinierne, der krydser hverandre over hele taskens side, frembringer gudsøine (se motiv no.

54), et for hver blomst. De forskjellige rader af siksaklinier er symboler for græskarplanter (se motiv no. 34); i midtraden betegnes desuden græskarrene ved prikker. Paa den øvre bord er et frenomotiv (se motiv no. 55). Kat.-no. $1\frac{6.5}{3}\frac{5}{6}3$.

Fig. 145. — Taske. Motiv: i hovedfeltet, blomsten tōtó og kam (se motiv no. 2); øvre bord, freno, (se motiv no. 55). Gjentaget fra fig. 26. Kat.-no. 185 / 135 / 1 c.



Fig. 145. Totómotiv.



Fig. 146. Totómotiv.

Fig. 146. — Fra et baand. Motiv: i midtpartiet, blomsten totó. Kat.-no. 165.





Fig. 147. Totomotiv.

Fig. 148. Totómotiv.

Fig. 147. — Taske. Motiv: i hovedfeltet, tōtó; gudsøine; i den øvre bord, græskarplante; (se motiv no. 34). Kat.-no. $\frac{65}{134}$ No.

Fig. 148. — Taske. Motiv: i hovedfeltet, blomsten tōtó; gudsøine; øvre bord, freno (se motiv no. 55). Kat.-no. $\frac{65}{13}$ $\frac{5}{5}$ $\frac{5}{10}$.



Fig. 149. — Fra enden af et mandshalstørklæde. De talrige korslignende figurer mellem pumaerne betegner tōtó, som desuden sees i to andre former: en af dem kan iagttages i halerne (ogsaa kaldet naósji, se fig. 48); en anden repræsenteres af tre høilig stiliserede figurer paa hver side, en nær pumaens hoved, to mellem poten paa

Fig. 149. Totomotiv.

den øvre løve og halen paa den nedre. Angaaende fortolkningen af de øvrige figurer se fig. 50. Gjentaget fra fig. 50. Kat.-no. $\frac{65}{1436}$.



Fig. 150. Totomotiver.

Fig. 150. — Fra et belte. Motiv: blomsten tōtó; et motiv, sandsynligvis oksehorn (motiv no. 13), kan sees paa borden. Kat.-no. $\frac{6.5}{6.75}$.



Fig. 151. Totómotiv.

Fig. 151. — Fra et belte. Motiv: i midtpartiet, blomsten tōtó og Bedstemor Groes (gudernes moders) stav (se motiv no. 6); tversover enden, freno (se motiv no. 55). Korslignende figurer, en anden fremstilling af samme motiv, kan ogsaa sees. Gjentaget fra fig. 46. Kat.-no. $\frac{65}{16}$



Fig. 152. Totómotiv.

Fig. 152. — Fra et belte. Motiv: to former af blomsten tōtó; gudsøine i en af dem. Kat.-no. $1^{\frac{6}{4}\frac{5}{14}}$.



Fig. 153. Totomotiv.

Fig. 153. — Fra et belte. Motiv: blomsten tötó og en almindelig græskarflaske (ikke en dobbeltgræskarflaske). Paa denne sidste er der et rektangulært motiv med tverarme, der sandsynligvis betegner tötó. Paa et af de her fremstillede rektangler er tverarmene udeladt. Ruden i rektangelet forestiller gudsøiet (se motiv no. 54). Korset i ruden repræsenterer blomsten tötó. Kat.-no. 1650.



Fig. 155. Totómotiv.

Fig. 154. Totomotiv.

Fig. 154. — Fra en taske. Motiv: blomsten tōtó omgivet af et gudsoie (se motiv no. 54). Kat.-no. $\frac{6.5}{2.25}$.

Fig. 155. — Fra en taske. Motiv: blomsten tōto. De korslignende figurer, af hvilke to fremstilles tredobbelt i samme mønster, betegner samme motiv eller kanske de fire regioner. Muligvis er de rektangulære motiver, der tilsammen danner larvemotivet (i hjørnerne, se motiv no. 8), hvert for sig en yderst stiliseret fremstilling af blomsten tōtó (smlgn. bemærkninger til fig. 144). Gjentaget fra fig. 48. Kat.-no. $\frac{65}{1743}$ b.



Fig. 156. Totomotiv.

Fig. 156. — Taske. Motiv: blomsten tōtó i to former: den form, hvor den afbildes som kongeørnens hjerte, og den form, der er fremstillet paa begge sider af dobbelthovedet, i de øvre hjørner af hovedfeltet. Hvad resten af motivet anguar, se fig. 66. Gjentaget fra fig. 66, 78, 141. Kat.-no. $\frac{65}{1364}$.



Fig. 157. Totómotiv.

Fig. 157. — Taske. Tōtómotivet, som her repræsenterer et ørnehjerte, er en interessant form, der tydeligvis har udviklet sig fra den, der sees i fig. 156. Gjentaget fra fig. 102.

Motiv no. 47. Blomsten uragáta.

Se fig. 158, 159.

Denne blomst er broderet i rødt paa skulderen af en rød mandsuldskjorte (fig. 158). Formen ved siden af klippede en indianer ud for mig i papir for at vise mig blomstens form.



Fig. 158. Motiv forestillende blomsten uragáta. Broderi.

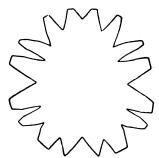


Fig. 159. Blomsten uragáta, klippet ud i papir.

Motiv no. 48. Blomsten corpus. (Huichol, aúkwa). Se fig. 27.

Dette er en vakker hvid blomst, som mexikanerne kalder corpus. Den vokser paa et lidet træ og har en stærk, behagelig lugt. Den bruges i stor udstrækning ved festerne, især ved de af kirken indførte; kvinderne bærer den paa hovedet bag ørene, og mændene anbringer den paa hatten.

Motiv no. 49. Lilje. Se sig. 160.



Fig. 160. Liljemotiv, seet en face og fra siden.

Fig. 160. — Kat.-no. $\frac{65}{1730}$.

Motiv no. 50. Blomsten tāté aikutsi. Se fig. 161.

Navnet er interessant, da det viser, at selv blomsterne betragtes som mødre. Aikutsi betyder Bedstefar Ilds græskarbæger og benyttes specielt som betegnelse paa votivbollen, der fyldes med en blanding af vand og malet hikuli, den form hvori denne lille hellige kaktus nydes ved festerne.



Fig. 161. Motiv: blomsten taté askutsi.

Fig. 161. — Fra et broderi paa en taske af bomuldstøi. Kat.-no. $\frac{65}{1353}$.

Motiv no. 51. Mos. (Huichol, kwai tápali). Se fig. 65.

Den bogstavelige oversættelse af huichol-ordet er: "klippeblomst«. Motivet sees midt i den øvre del af en stor taske og bestaar af en række smaa heldende pyramider.

Motiv no. 52. Pleiaderne. (Huichol, semanír).

Se fig. 162, 163; ogsaa IV, 7.

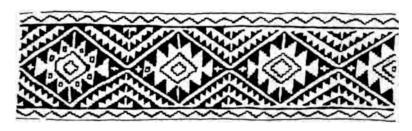


Fig. 162. Motiv: pleiaderne.

Fig. 162. — Fra et belte. Motiv: dobbelt græskarslaske (se motiv no. 1) i et gudsøie (se motiv no. 54). De smaa firkanter paa den dobbelte græskarslaske forestiller pleiaderne (se ogsaa fig. 163). Det samme belte er gjengivet i fig. 16, IV, 7. Kat.-no. $T^{\frac{6}{2}}$

Motiv no. 53. Lynild. (Huichol, mimiélika). Se fig. 163; ogsaa 37.

Motivet er det samme siksakmotiv, som ofte findes paa enderne af belter, og som ogsaa kan forestille tegninger paa slangers ryg (se motiv no. 57).



Fig. 163. Motiv: lynild (siksaklinierne). De smaa prikker betegner pleiaderne. (Fig. 162).

Fig. 163. — Fra en taske. Kat.-no. $\frac{65}{1743}$ a.

Motiv no. 54. Gudsøie. (Huichol, síkuli).

Se sig. 164-166; ogsaa 12, 13, 16, 21, 22, 38, 92, 132, 139, 147, 148, 152, 154, 162,
170; IV, 7, 8, o. s. v.

Med hensyn til betydningen af dette motiv henvises til »Symbolism of the Huichol Indians«, s. 154, samt til Bl. Mex. Ind. II, 181 f. Motivet

er et af de mest hyppig benyttede. Skjønt det sjelden, om overhovedet nogensinde, benyttes alene, giver det ornamenteringen en bestemt karakter, baade i form og symbolsk betydning.





Fig. 164. Gudsøie-motiv.

Fig. 165. Gudsøie-motiv.

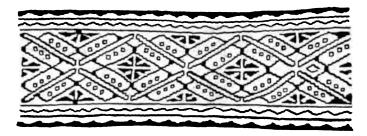


Fig. 166. Gudsøie-motiv.

Fig. 164. — Taske. Motiv: gudsøie. Der er tre fremstillinger af gudsøiet indeni hovedfremstillingen, og den ydre rude er omgivet af et dobbelt græskarmotiv (se fig. 5, sidste motiver). Hele tasken er ved krydslinier delt op i et mønster af gudsøine. Kat.-no. $1\frac{6}{3}\frac{5}{3}\frac{1}{3}$.

Fig. 165. — Fra en taske. Motiv: gudsøie. Kat.-no. $\frac{6.5}{6.5}$ a.

Fig. 166. — Fra et belte. Motiv: gudsøie. Kombinationen forestiller, som sædvanlig, paa samme tid tegningerne paa en slangeryg (se motiv no. 57). Kat.-no. $\frac{6}{139}$.

Motiv no. 55. Freno. (Huichol, piliano).

Se fig. 167—169; ogsaa 26, 33, 46, 59, 60, 76, 80, 85, 86, 126, 144, 145, 148, 151.

Dette motiv er en stiliseret gjengivelse af en række haandpar med bøiede fingre, der griber ind i hinanden, seet fra siden. Det kaldes af indianerne freno eller piliáno, d. v. s. bidsel (sp. freno), fordi de mexikanske bidsler paa begge sider af mundbidet har en figur, der ligner en af disse border. 1 Mønstret sees meget hyppig paa border af tasker og belter.

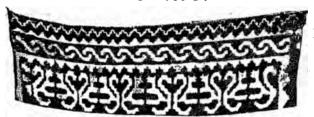


Fig. 167. Frenomotiv. Nedenunder en rad ekorn (se motiv no. 11). Gjentaget fra fig. 59.

Fig. 167. — Fra en taske. Kat.-no.

1160.

Fig. 168. - Fra et baand. Kat.-no.

1434 Fig. 169. - Fra et belte. Kat.-no. 1333.



Fig. 168. Frenomotiv.

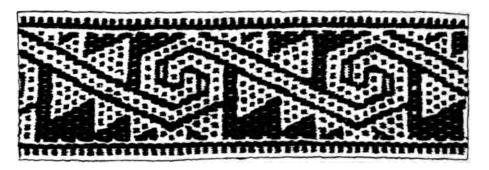


Fig. 169. Frenomotiv.

Motiv no. 56. Kors.

Se fig. 170; ogsaa 22, 136; V, 10, 0. s. v.

Korset er symbol paa de fire verdenshjørner, og der er neppe en eneste symbolsk gjenstand, hvorpaa det ikke findes, skjønt det ikke benyttes saa svært meget til dekoration af belter, tasker og husgeraad. Dets form er som regel et simpelt græsk kors. Jeg har paa flere steder paavist, hvorledes blomsten tôtó (se motiv no. 46) ofte gjengives som et kors.

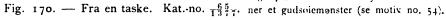


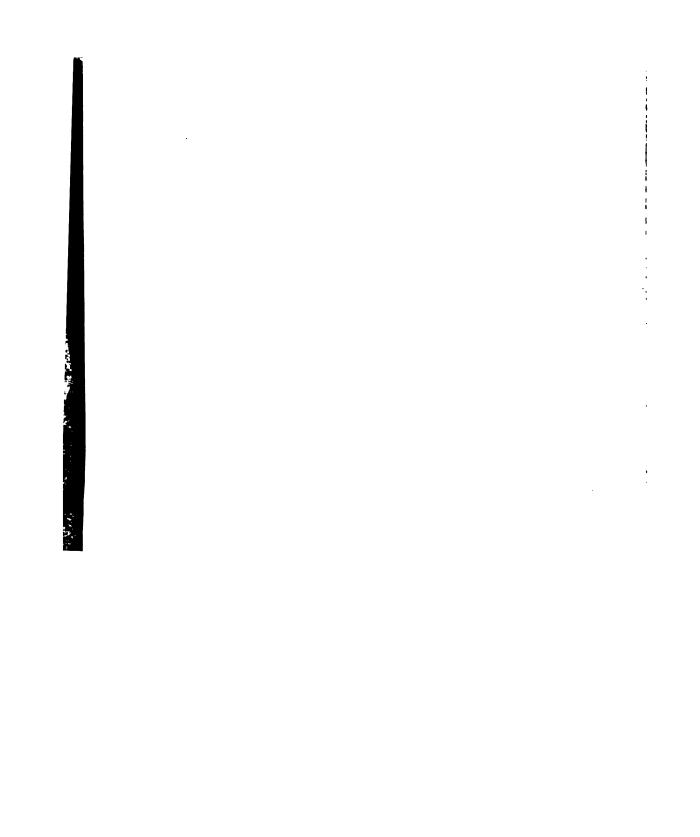


Fig. 170. Korsmotivet. Krydslinierne dan-

¹ Se »Symbolism etc.«, fig. 242, e.

Motiv no. 57. Slangetegninger. Se IV; ogsaa fig. 6-21 o. s. v.

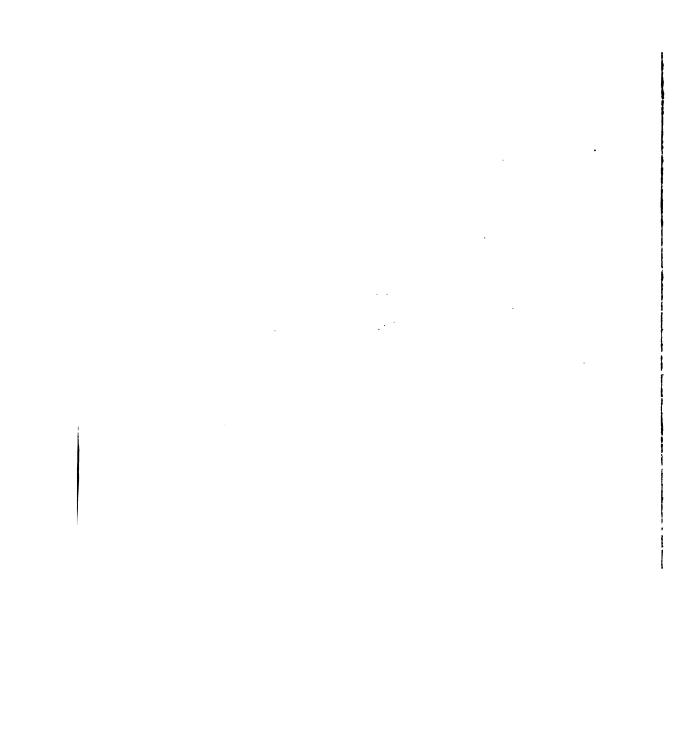
Ligemeget hvilke tegninger benyttes paa belter, betragtes belterne selv som slanger, og ornamenteringen fortolkes som tegningerne paa slangens skind. Armbaand og ankelbaand, saavelsom haarbaand, betragtes ogsaa som slanger. Paa pl. IV vil man finde afbildet et antal motiver, som belyser dette forhold.





.

.





.

1

•







-1 • . .

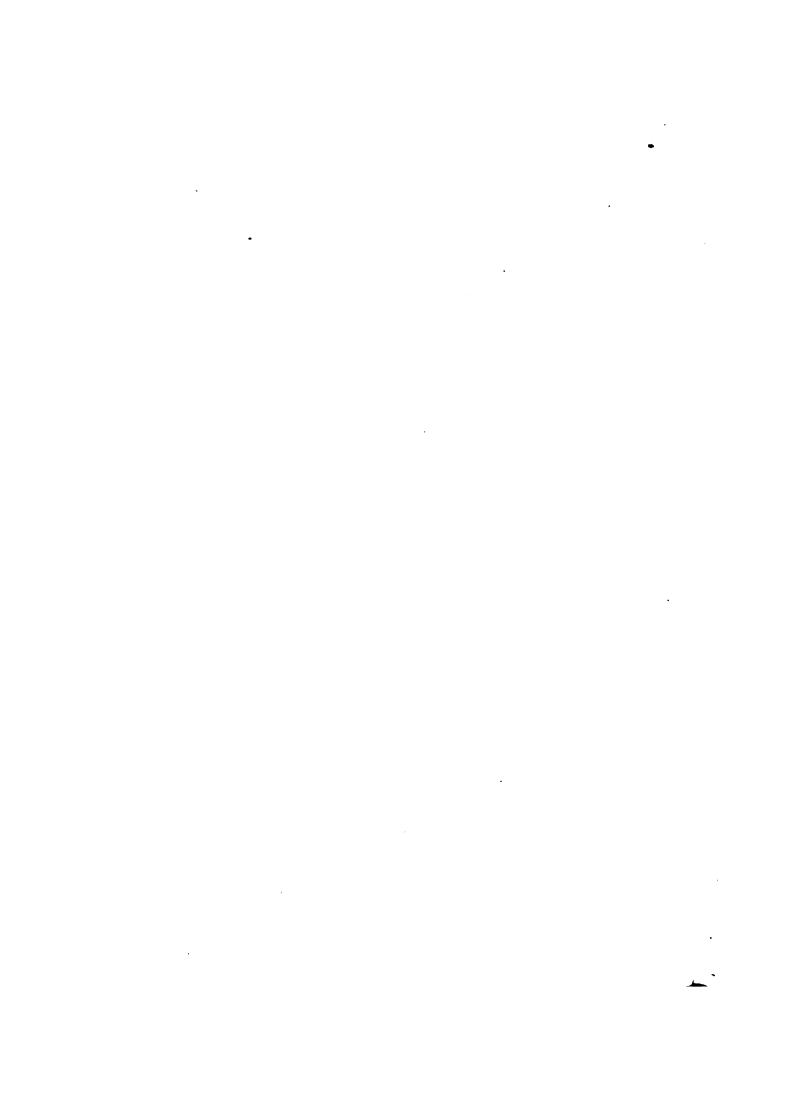


::

. • <u>:</u> • Section 1971



,





.

,

STUDIER

OVER

NORGES STENALDER

I.

ØXER UDEN SKAFTHUL FRA YNGRE STENALDER FUNDNE I DET SYDØSTLIGE NORGE.

ΑV

A. W. BRØGGER.

MED 47 FIGURER, ET KART OG *RESUMÉ IN DEUTSCHER SPRACHE*.

(VIDENSKABS-SELSKABETS SKRIFTER, I. MATH.-NATURY, KLASSE, 1906, No. 2.)

UDGIVET FOR FRIDTJOF NANSENS FOND.

CHRISTIANIA.

I KOMMISSION HOS JACOB DYBWAD.

A. W. BRØGGERS BOGTRYKKERI.

1906.

Fremlagt i fællesmøde 1. december 1905 av prof. dr. G. A. Guldberg.

Forord.

Dette arbeide var oprindelig tænkt at udgjøre et supplement til "Øxer av Nøstvettypen", hvor jeg (p. 69) havde antydet som en mindre opgave: "Til slutning vil en eftervisning av vexelvirkningen mellem vngre dansk og svensk og vngre norsk stenalder tillige kaste lys over den ældre stenalder". Med indsamlingen av materialet voxte opgaven. Og med dette voxte også tilliden til at kunne levere endel bidrag til en kritisk behandling av norsk stenalder. Hvorfor det sydøstlige område alene er hehandlet, fremgår av arbeidet: dette begrænsede felt danner nordgrænsen for den ordinære skandinaviske stenalder. Vestlandet og Nordlandene kommer først almindelig med i den senere del av stenalderen. — Udenom den specielle behandling av de arktiske spørgsmål indeholder arbeidet kun en samling kjendsgjerninger, intet væsentligt nyt.

De er mange, hvem jeg skylder tak for bistand på en eller anden måde. Der er en fremfor alle: Min far, professor dr. W. C. Brøgger.

. Til professor Guldberg, der har fremlagt mit arbeide, og Videnskabsselskabet i Kristiania frembærer jeg min ærbødige tak.

Til samlingsbestyrerne retter jeg også en tak for benyttelse av materiale: professor Gustafson, som med stor velvilje har ladet mig benytte hovedkilden, materialet i universitetets oldsagssamling. Overlærer K. Suleng i Arendal var så elskværdig at tilstille mig den derværende samlings stenaldersmateriale. Ingeniør Christie i Skien og flere i byerne langs kysten skylder jeg tak for benyttelse av materiale.

En særlig tak retter jeg til konservator *Haakon Schetelig* i Bergen, hvis utrættelige velvilje jeg har nydt godt av i mange breve.

Videre skylder jeg følgende herrer oplysninger: dr. A. Hackman i Helsingfors, amanuensis O. Frödin i Stockholm, konservator T. Helliesen i Stavanger, cand. mag. Th. Petersen i Trondhjem, konservator O. Nicolaissen i Tromsø.

Til bibliotekar A. Kjær, der har bistået mig med korrekturlæsningen, retter jeg en ærbødig tak.

Fotografierne til figurerne er tagne av maleren Ola Geelmuyden. Clicheerne til fig. 45—47 er velvilligst udlånt av den geologiske undersøgelses bestyrer, dr. H. Reusch. — Frk. Borghild Brøgger har tegnet enkelte av figurerne samt det topografiske grundlag til det kart, der ledsager avhandlingen.

Bækkelaget pr. Kristiania 27 mars 1906.

A. W. B.

.

.

Indhold.

| | | | Side |
|--------------------------|--|---|-------|
| I. | Ind | ledning | 1 |
| II. | Typologiske bemærkninger | | |
| | A. | Øxer av skandinaviske typer | 19 |
| | | 1. Den spidsnakkede type | 19 |
| | | 2. Den brednakkede | 28 |
| | | 3. Den tyndnakkede — | 32 |
| | | 4. Den tyknakkede — | 43 |
| | | 5. Den bredeggede — | 49 |
| | Tid | Isforhold | 50 |
| | В. | Meisler | 56 |
| | | | • |
| | L., | Øxer av såkaldte arktiske typer | 58 |
| | | 1. Skiferspidser av arktiske former | 62 |
| | . | 2. Øxer | 85 |
| | | nik. Bergarter | 91 |
| IV. | Sta | tistik. Import og handelsforhold | 103 |
| V. | Top | ografiske studier | 111 |
| Bilag | I. | Fortegnelse over oxer av de i dette arbeide gjennemgåede- | |
| | | typer fra sydøstlige Norge | 153 |
| Bilag | g II. Prof. Brøggers undersogelse av bergarterne i de skafthulløse | | |
| | | øxer | 165 |
| Res | u m ć | · | 176 |
| Tilføielser og rettelser | | | . 681 |
| | | l kartet | 191 |
| | | | |



Der er anvendt følgende forkortelser:

```
S. M. eller Müller med efterf. no. henviser til S. Müller: "Ordning af Danmarks Old-
                  sager, I Stenalderen", København 1885.
R. eller Rygh
                   med efterf. no. henviser til O. Rygh: "Norske Oldsager", Kristiania
Montelius
                   med efterf. no. henviser til O. Montelius: "Svenska Fornsaker",
                   Stockh. 1872.
Аb.
                   henviser til Aarsberetning fra foreningen til norske fortidsmindesmærkers
                   bevaring.
Ab. f. n. o.
                  henv. til Aarbøger for nordisk Oldkyndighed, København.
A. T. S. eller, Antiqv. T. f. Sv. henv. til Antiqvarisk Tidskrift för Sverige.
                   henv. til Zeitschrift für Ethnologie.
Z. f. E.
Berliner Verh.
                   henv. til Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie,
                   Ethnologie und Urgeschichte, publicerede i Z. f. E.
                                         ' C
Smål. = Smålenenes
                                                     henviser til no. i universitetets old-
                              amt.
Ak. = Akershus
                                                     sagssamling.
Krist. = Kristians
                                          B el. B. M. henv. til no. i Bergens mus. old-
Hed. = Hedemarkens
                                                     sagss.
Busk. = Buskerud
                                          Α
                                                     henv. til Arendals off. skoles oldsagss.
                                                      - - Skiens mus. oldsagss.
JI.. = Jarlsberg og Larvik
                                          Sk. M.
                                          To. M. - - Tønsberg mus. -
Brats. = Bratsberg
Ned. = Nedenæs
                                                     betegner: i privat eiendom.
                                         . p. e.
```

| · | | | |
|---|---|---|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | · | |
| | | | |
| | • | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | • | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | · | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

I. Indledning.

Den yngre stenalder i Norge er et lidet bearbeidet felt. Der findes fra O. Ryghs hand - selvfølgelig foruden alle tilvextfortegnelserne fra universitetets oldsagssamling i Årsberetningen - kun en i 1876 udgiven statistik over den skandinaviske stenalders former¹, skrevet på en tid, da endnu materialet fra det hele land ikke var 1/6 av det nuværende. Foruden Ryghs typer i »Norske Oldsager« findes kun endnu et skrift av betydning: direktør Karl Ryghs fortræffelige, kortfattede oversigt »Trøndelagen i forhistorisk tid «2, hvilken oversigt også medtar ældre stenalder. Man tør vistnok anta, at denne fattige litteratur har sin naturlige grund i, at man endnu ikke har havt nogen rigdom på arbeidende arkeologer. Men tillige ma det indrømmes, at det ensartede og fremforalt forholdsvis fattige materiale ikke har frembudt i væsentlig grad holdepunkter for et studium. Mens Danmark og Sverige fra yngre stenalder eier tusinder og atter tusinder av stenalderssager, eier Norge kun en brøkdel herav, indeholdende væsentlig skafthulsoxer, flintøxer og stenøxer uden hul samt endel flintdolke og sage. Udenfor hovedtyperne findes særdeles lidet. Navnlig savnes lerkar, av så stor betydning bade i Danmark og Sverige for tidsbestemmelser. Hvad der imidlertid er endnu mere væsentligt, er den fuldstændige mangel på gravfund, der kan benyttes som udgangspunkt for dateringer. Det er en for længe siden anerkjendt sag, at Norges yngre stenalders mangel på dysser ^{og} jættestuer neppe kan skrive sig fra mangel på kjendskab til landet. En Jættestue (og endnu mindre en dysse), gjemmer sig neppe bort i et såpas godt dyrket strøg som Smålenene, Akershus og Jarlsberg. Og udsigterne til at finde sådanne må visselig opgives. Og den yngste gravform, hellekisten, er endnu kun kjendt fra to lokaliteter (Svelvik og Ramnæs). Der gives vistnok flere beretninger om andre gravfund, der efter alt at dømme ber skrive sig fra hellekister; videnskabelig sikre er kun de to. Endelig

Videnskabsselskabets forhandlinger 1876, no. 9.

² Festskrift ved Trondhjems 900 års jubilæum 1897, no. 1.

Vid. Selsk, Skrifter. I. M.-N. Kl. 1906. No. 2.

må det erkjendes, at de få samlede fund, der findes, ikke ved sine fundomstændigheder byder tilstrækkelig garanti til, at man kan benytte dem
som udgangspunkt for dateringer. Det er da ikke til at undres på, at
der bestandig har været udtalt en viss tvil angående berettigelsen av en
norsk yngre stenalder, når man har seet fundene i lys av de rige danske
og svenske¹. Efterhånden som materialet imidlertid er vokset til en virkelig betydelig størrelse, er det blevet muligt at ta spørgsmålet op til behandling påny. Selv det fattige materiale i arkeologien kræver forklaring
og nærmere udredning.

Det er nu særskilt det for en tidligere anskuelse så vanskelige spørgsmål om gravene, som bl. a. har ført Dr. A. M. Hansen til i sit arbeide »Landnåm« (Kristiania 1904) at anta, at ingen fast bosætning er begyndt i Norge før med bronzealderen, hvorfra grave i større antal findes. Det er i et arbeide som nærværende, der har til hensigt at opta stenaldersstudierne i vort land, nødvendigt at gjennemgå de punkter i den arkeologiske bevisførsel, der har ført dr. Hansen til denne antagelse.

Dr. Hansens arkeologiske slutninger angående stenalderen er i det væsentlige følgende: Stenalderen i Norge repræsenteres av »Nøstvetkulturen« og dens bopladse². De mange enkeltfund skriver sig fra andre kilder. M. h. t. kronologien for denne opfatning av norsk stenalder, er efter dr. Hansens mening »Nøstvetkulturen« i det store og hele samtidig med de store stengraves tid i Danmark og Sverige. Etnologisk skulde denne kultur være at henføre til et anarisk folkefærd, mens den ariske befolkning efter dr. H. først kommer til Norge med bronzealderen. — De arkeologiske punkter, hvorpå denne hypotese støttes, er følgende:

- I. Fast bosætning kan først antas at begynde med gravformerne.

 De løse fund beviser ikke noget avgjørende. (p. 99.)
- 2. Den fuldstændige mangel på sikre gravfund fra yngre stenalder, eller rettere av skandinaviske typer (dysser osv.) må bevise, at fast bosæt-

¹ Betegnende i denne henseende er en udtalelse i 1879 av arkeologen Vilh. Boye i anledning av Årsberetning fra foren. til norske fortidsmindesmærk. bevaring 1878. ("Arkeologiske meddelelser" I. 22.): "Selv oldsager fra stenalderen optræder nu forholdsvis hyppig i Norge og i denne henseende maa vel særlig mærkes de fund af tilhuggerverksteder, som i de senere aar er komne frem. Det blir vel ligefuldt fremdeles et stort spørgsmaal om man kan sige, at en stenalder har hersket deroppe, saalænge der ikke er gjort paalidelige fund af gravsteder fra denne periode. De norske stensager — her er ikke talen om de arktiske — skyldes vel stammer, der fra Sverige for jagtens skyld have foretaget streiftog ind i nabolandet uden at tage blivende ophold der. — "

² Jeg må allerede her gjøre opmærksom på, endskjønt det vil fremgå av det efterfølgende, at dr. H. mener noget andet med "Nøstvetkultur" end jeg i mit skrift "Øxer av Nøstvettypen", idet dr. H. indenfor dette begreb indeslutter hele Norges stenalder, mens jeg begrænser det til at gjælde den ældre del av denne.

ning ikke har fundet sted i en tid, der i det væsentlige skulde falde sammen med yngre stenalder i Danmark—Sverige. De to sikre gravfund av hellekister kan »ligesågodt tilhøre bronzealder« [p. 146.]

3. De enkeltfundne sager av skandinaviske typer finder sin forklaring på følgende måde: »I de to naturlige forhold: (a) at et folkefærd, selv fremmed for den ariske stenalders kultur, allikevel mottar ved byttehandel en del av nabofolkets fuldkomnere redskaper av slepen flint etc. og (b) at de ariske indvandrere selv, helt gennem bronsealderen, om ikke længere endda, brukte sten til redskap og våben, — har man øiensynlig fuldt tilstrækkelig forklaring til de spredte, enkeltvise fund av "skandinaviske" stenoldsaker i Norge — utenfor kanske det sydostlige felt, hvor til de få grave med stensaker også kunde svare andre fund fra ægte yngre nordisk stenalder« [p. 146.]

Dette er, ser det ud til, hovedpunkterne i den arkeologiske bevisførelse for, at Norge mangler en »arisk« stenalder »: en stenalder svarende til Danmarks og Sveriges yngre stenalder.

Jeg vil gjennemgå disse punkter og dertil påvise et par overseede punkter, der har noget mere betydning end de av dr. Hansen opførte.

1. Det er tilvisse så, at gravformers tilstedeværelse gir en større tryghed for slutninger. Dette kan være så sin sag; men konsekvensen herav er neppe den dristige påstand, »at de løse fund intet avgjørende viser«. For at stille denne i relief benytter dr. Hansen en argumentation, om hvilken det tør sies, at den langtfra er tilfredsstillende. »Redskaper eller våben kan være tapt på fjerne reiser. Et enkelt fund av en spydspids ved grænse-elven mellem Norge og Russisk lapmark beviser ingen kobber- eller bronsealders bebyggelse av det indre land her, like så litt som man kan bygge på tilfældigheter, som når et arkæologisk fund kommer til museerne fra bunden av Varangerfjorden ved at en fiskekrok fæstner i en sjøpølse som har fæstet sig på en skiferpilespids som engang i tiden er tapt ute på den åpne Ishavsfjord her!« [l. c. p. 99.] Dr. Hansen ved ligeså godt som jeg, at ingen arkeolog vilde falde på at bygge vidtrækkende slutninger på så kuriøse tilfældigheder, endsi benytte dem i bevisførsel av nogensomhelst art. Nogen anden argumentation for sin påstand har dr. Hansen ikke, medmindre den skulde indeholdes i følgende passus: »Det blir dog vanskeligt at tænke sig at det er kommet til samlet tæt bebyggelse, således som fortidsnavnene viser når de falder tætte og talrige, fyldende bygderne, uten at tidens skik satte sig sit mærke i begravelsesformen.« [p. 100.]

Der er udentvil adskilligt i denne hypotetiske anskuelse. Der er blot den ting at mærke, at også de løse fund »falder tætte og talrige, fyldende bygderne«, hvilket forhold i kap. V av dette arbeide vil bli gjort til gjenstand for en noget mere detaljeret behandling. - Og dernæst er det ikke så avgjort, at Norge så aldeles mangler stenaldersgrave, som dr. Hansen går ud fra. Berettigelsen til en sådan antagelse, at de løse fund intet viser, kan synes meget rimelig, sålænge fundene er få og har en spredt karakter. Dr. Hansen har også betegnet fundene som »spredte, enkeltvise«. Det er muligt, at det for et overfladisk blik kan synes så, endskjønt allerede tallet ca. 5500 løse fund neppe gir synderlig grundlag for en sådan udtalelse. Men allerede en systematisk statistik vil oplyse om, at fundene ikke har en spredt eller enkeltvis karakter, men at de tvertom har en udbredelse, i hvilken der tydelig er en lovmæssighed. Tar man i betragtning, at Norge i den tid, hvorom der her er tale, materielt på grund av forholdene har været Danmark-Skåne underlegent, blir de tal, der oplyser os om udbredelsen, forholdsvis store. Og de voxer stadigt. Dernæst vil de detaljerede undersøgelser, der i det følgende er gjort, vise en lovmæssighed: statistiken over det numeriske forhold og over udbredelse, de topografiske studier samt endelig de typologiske vil gi et andet resultat, end at de løse fund intet viser. Dette har allerede O. Rygh udtalt¹.

Uoverensstemmelsen mellem dr. Hansens bemærkninger om »spredte, enkeltvise« fund og det faktiske forhold kan muligens for en del bero på, at dr. H. ikke har siddet inde med tilstrækkelige oplysninger om materialets størrelse. Når det således p. 143 sies, at man »av jættestuetidens karakteristiske tyknakkede flintøxer har fundet knap halvandethundrede i hele Norge«, er dette ikke korrekt. Allerede i 1903 eiede samtlige museer i det sydlige Norge tilsammen over 300 av nævnte type.

2. Det andet punkt får efter dette ikke den betydning, som dr. Hansen tillægger det. Mangelen på grave i Norge fra stenalderen tør ikke tilskrives nogen tilsvarende mangel på skandinavisk stenalder. Spørgsmålet om gravene kan ikke stille sig fuldt så enkelt, som dr. Hansen vil ha det til; det er et mangesidigt spørgsmål. Jeg vil her pege på nogle af de vigtigste punkter, ihvorvel jeg må tilføie, at det hele spørgsmål for tiden kun kan betragtes rent hypotetisk.

Det er allerede nævnt som usansynligt, at man skulde forefinde de to skandinaviske former dyssen og jættestuen i Norge. Det vilde være utroligt, om så monumentale mindesmærker ikke havde tiltrukket sig op-

¹ O. Rygh udtaler i "Norske Oldsager," stenalderen: "De i Norge fundne levninger fra stenalderen kunne ikke skrive sig alene fra midlertidige ophold i landet af folk fra det sydligere Skandinavien. Dertil ere de for talrige og for vidt spredte" (udhævet her).

mærksomheden før¹. Grundene hertil kan være flere. At materialet kan ha spillet sin rolle, tør man muligens anta. Store heller til gravkamrene f. ex. vilde det i det sydlige Norges grundfjeldsstrøg måske mange steder ha havt sine vanskeligheder at skaffe. Men langt nærmere ligger det dog at anta, at selve skikken har spillet en væsentlig rolle. Det er udentvil så, at de megalitiske monumenter bringer vidnesbyrd om en rig, om ikke høi kultur. Lad os imidlertid fastholde, at Norges stenalder avspeiler et relativt fattigere kulturområde end Sverige og Danmark. At derfor så lidet bevægelige typer (i arkeologisk forstand) som de aristokratiske gravformer dyssen og jættestuen ikke har fundet veien fra det rigere Danmark—Sverige til det fattigere Norge, er forståeligt. Vore stenøxer og redskaber i det hele taget har nok fundet veien, — nemlig som resultat av byttehandel. Men gravformen går ikke just ind i byttehandelen, — det er neppe for dogmatisk sagt.

Det er dersor med rette, at man længe har antat, at Norges stenalders gravformer må ha havt en anden karakter end de almindelige skandinaviske, dyssen og jættestuen.

Således mener prof. Gustafson, at »man på Jæderen og i det hele taget i Norge, fortrinsvis har benyttet det simple slags grave, som man først lærte at kjende fra Holstein ved J. Mestorfs skrifter og som man nu, ved de fortrinlige danske undersøgelser, kjender så godt fra Jylland.²« Jeg kan dog ikke undlade at udtale en viss tvil om berettigelsen

¹ Montelius nævner i "Orienten ock Europa" Antiqv. Tidssk. XIII p. 34 en formodet dysse fra Skjæltorp i Skjeberg, Smål. (Ab. 1871. p. 118). Loranges beskrivelse av denne i brev til prof. Rygh (dat. 3 okt. 1872; nu i arkivet i universitetets oldsagssamling) indeholder så fyldige oplysninger, at det virkelig synes, som om man skulde kunne anta, at her har foreligget, ikke en dysse, men en jættestue. Jeg gjengir Loranges beretning med alt forbehold: "Jeg fik høre om en Haug paa Gaarden Skjeltorp med et Gravkammer saa stort som et lidet Værelse, men rundt og saa høit, at en almindelig voxen Mand kunde staa deri. Det var bygget af paa Enden reiste, indad flade Stene, stillede saa tet ved hverandre som muligt og med indkilede Smaastene i alle Aabninger. Stenene var fra Udsiden indtil Halvten dækkede af Jordhaugen. Kammeret maalte omtrent 3 Alen i Diameter og paa Østsiden var en Aabning, hvorigjennem man kunde komme ind. Taget dannedes af en eneste stor Overligger. - Overliggeren blev udsprængt til Trappestene i 1855. – Sidestenene stod indtil 1863. – – Ledsaget af Nils Hansen Skinne gik jeg til Stedet og saa da en lav Rundhaug omgiven med Stene, der ikke rak fuldt én Fod over Jorden, men flere Fod under Jorden. Midt i Haugen var en rund Tomt, hvori laa to 3 Alen lange Stene. - Af Stenenes Farve kunde sees, at Halvdelen havde været over Jorden. Vestsiden af Haugen var for en Del planeret, da det var ad den Vei, at Stenene var blevne bortkjørte; ligeledes var der gravet noget østenfor Tomten, og der saaes en af Heller dannet Gang, som har ført fra det store Kammer ud til Haugens Periferi, hvor den sluttes ved en Tversten som endnu staar." Det er jo således ikke udelukket, at dysser eller jættestuer har forekommet i Norge, men at de allerede i gammel tid er tilintetgjorte som denne ved dyrkning. Når man betænker Norges lille dyrkede areal, er dette ikke aldeles urimeligt. ² "Et bopladsfund fra Jæderen." Berg. Mus. Åb. 1899: 1 p. 6 og 8.

av denne anskuelse. Som det nu av de mere omfattende undersøgelser fremgår, henføres de nævnte grave i Jylland til en sidste del av stenalderen, idet de begynder i den tyknakkede øxetypes tid og strækker sig gjennem hele den senere del av yngre stenalder. For Jyllands vedkommende antar dr. Müller, at de her skriver sig fra en anden folkestamme, end den, der har bygget de store stengrave. Det er derfor av 1) geografiske, 2) kronologiske og 3) muligens også etnologiske grunde usansynligt, at det sydlige Norge skulde ha modtat netop denne gravform. 1) Geografisk har enkeltgravene en udbredelse, der ikke endnu kan ansees bragt på det rene i alle sine detaljer. For Jyllands vedkommende har S. Muller git en oversigt 1. Ingensteds er de så detaljeret studerede som her og med et så udmærket udbytte. For Schleswig-Holsteins vedkommende er de samlede av J. Mestorf². (Gräber unter Bodenniveau). Fra Meklenburg kjendes enkelte ved Beltz's undersøgelser3; de kaldes her tillige »Flachgräber«. Påviste er de også fra Pommern⁴ og Brandenburg⁵. Særlig fra Uckermark har H. Schumann⁶ git en oversigt. Rhinegnene synes også at besidde denne gravform. Herfra kjendes de ved dr. Koehls arbeider; også dr. Reinecke har git bidrag.

Man kan nu efter de nyere tyske undersøgelser vistnok gå ud fra, at den omhandlede gravform egentlig repræsenterer et ikke-germansk element, idet den findes både blandt båndkeramikens og snorkeramikens grave i Mellem-Europa. De nærmere forhold her er oplyst av flere, skarpest av Kossinna i Z. f. E. 1902. Området for gravformen, Jylland og Nord-Tyskland, synes ikke at tale for nogen overførelse til det sydøstlige Norge, især da formen ikke er kjendt fra øerne eller Sverige. Muligens kunde Jæderen og vestlandet ha modtat formen i seneste stenalder. Gustafson antar også i nævnte skrift overførelse fra Jylland. Kun må det erindres, at man her har med en gravform at gjøre og dertil altså efter al sansynlighed også med et andet folk. 2) Kronologisk optar den behandlede gravform et tidsrum fra den tyknakkede øxetypes tid og ud hele stenalderen. Selv om gravformen derfor fandtes, vilde den da i virkeligheden kun udfylde et mindre, siste, avsnit av Norges stenalder og altså ikke kunne sies at være den norske gravform i stenalderen. Sansynligt er det da også, at hellekisten vil findes almindeligere, end hidtil kjendt i Norge. Vi vilde da få en blanding av skandinaviske former og

¹ Ab. f. nord. Oldk. 1898, p. 157.

² Mitteilungen d. Vereins 1892, p. 8.

³ Meklenburgische Jahrbücher 64 og 66.

⁴ Götze Neolitische Studien i Berliner Verhandl. 1900, p. 146.

⁵ Brunner i Archiv f. Anthropologie XXV.

⁶ "Die Steinzeitgräber d. Uckermark."

enkeltgrave, der skulde forklares ud fra etnologiske forhold (3). sådanne antagelser har man jo rigtignok intet holdepunkt hverken for eller imod. Men sees hen til det geografiske moment og erindres det, at det er usansynligt, at gravformen skulde være kommet ind med en invasion av en fremmed stamme i slutningen av stenalderen, vil sansynligheden for den antagelse, at den norske stenalders gravform har været en udvikling av den jydske enkeltgrav, avta. Og på den anden side er der mere rimelighed i den anden hypotetiske antagelse, som er gjort nedenfor, at stenaldersgravformen i Norge har været en lokal-udvikling av den aller ældste europæiske gravform, fastholdt her på grund av fattige forhold. Muligt er det, at den gravform, der i de sydlige dele av Tyskland og Jylland kaldes enkeltgraven, er en levning herav - dr. Almgren synes at udtale dette i Sveriges forntid sp. 375. Dog synes dette tvilsommere. I alle tilfælde er enkeltgraven ganske utvilsomt i det nævnte sydlige område tilhørende en sen del av stenalderen, mens begravelsesformen fra danske avfaldsdynger, Gullrumbopladsen o. s. v. er ældre. Sansynligt er det vel, at enkeltgraven er en indført form - men da hvor langt sydfra, og fra hvilken kulturperiode og område? Herpå vil der først kunne svares, når de tyske arkeologers påbegyndte diskussion om den neolitiske kronologi i Tysklands forskjellige dele er avsluttet.

Omend den i Norge under stenalderen benyttede gravform ikke vil findes at stemme med den jydske enkeltgrav, er det dog klart, at den bør findes i en eller anden form, der må være forskjellig fra de almindelige skandinaviske megalitgrave. Om der tillige er nogen berettigelse i den ovenfor udtalte tvil om overførelse av gravformer, skulde man heri ha et fingerpeg for en anden anskuelse, der nedenfor — rent hypotetisk — skal fremsættes.

De senere arkeologiske forskninger har som bekjendt bragt på det rene, at den ældste begravelses-skik over Europa har været at lægge liget ned under flad mark uden ceremonier. Fra neolitisk tid i Norden kjendes her et par særdeles interessante fund. — I Ertebølledyngen i Danmark fandtes et skelet nedgravet i dyngen (Affaldsdynger p. 79); dog advarer dr. C. Ne er gård (l. c.) mod at trække nogle yderligere slutninger av fundet; også i enkelte av de øvrige dynger fandtes rester av menneskeskeletter. Særdeles interessant er også fundet på Gullrumbopladsen på Gotland, hvor Hansson¹ forefandt et skelet, der tydeligt var nedgravet, ca. 30 cm. under daværende overflade, og antagelig på samme tid som dyngen beboedes.

Svenska Fornminnesför. Tidskr. 10, p. 5. Montelius: Statens Historiska Museum. Stockh. 1901, p. 14.

Fra Småland kjendes nu også nogle særdeles interessante fund, der imidlertid har en anden karakter i detaljerne end disse nævnte, dog således at de tydelig hører til samme gruppe. De er beskrevne av C. Wibling!. Under flad mark blev her påtruffet grave med stenaldersredskaber, der delvis tilhørte ældre neolit; nogle skeletter blev ikke fundne; rester av brænding fandtes, men ikke således at dette skulde tyde på ligbrand. Det er vel snarere rimeligt, at der har været skeletter, men at jordbundsforholdene som sædvanligt ikke har ydet gode nok betingelser for bevarelse av disse. Overensstemmende med udviklingsgangen og på grundlag av disse få, fattige fund har dr. O. Almgren udtalt²: »Detta enkla nedgräfvande i jorden är säkerligen det allra äldsta begrafningssättet; ock vi ha också åtskilliga spår däraf från stenåldern, i synnerhet i de trakter, där de stora stenkammar-grafvarne blefvo kända först i sin yngsta form (hällkistorna).« Uagtet endnu intet avgjørende bevis kan fremlægges, vil jeg derfor under henvisning til det anførte hypotetisk opta den anskuelse, at den norske stenaldersgravform bør formodes at ha været en "survival" efter den ældste gravskik at lægge liget ned uden synderlig omhu under flad mark - vel i nærheden av bostedet. For dette taler:

at stenalderen i Norge gjennemgående viser en større fattigdom i sammenligning med de øvrige danske og svenske forhold, hvilket skulde forklare, at så aristokratiske gravformer som dyssen og jættestuen ikke har fundet vei hidop undtagen rent særskilt en enkelt gang;

at denne gravform i ikke uvigtige fund foreligger fra svenske fund, der synes at antyde den samme fattigdom som i Norge.

Dernæst vil det, når man ser hen til muligheden for bevarelsen av sådanne fund, bli endnu rimeligere, at denne gravform ikke er forefundet her i Norge, hvor undersøgelserne av sagkyndige arkeologer er i forsvindende mindretal mod de talrige fund, hvorom ingen oplysninger foreligger. For det første må da peges på, at grave av sådan type efter alt at dømme har været beliggende under *flad mark*. Allerede dette moment

^{1 &}quot;Ymer." 1897, p. 189: Ulfofynden. — Wibling antar her p. 193, note 2, forbindelse mellem Ulfø-gravene og den jydske enkeltgrav. Jeg henviser til ovenstående bemærkninger herom og skal her kun tilføie, at mens den jydske enkeltgrav — som allerede nævnt — efter al sansynlighed er en udvikling av en tysk gravform i sen neolitisk tid, for hvilken der ikke haves nogen udviklingsrække bragt på det rene, er den gravform, som her menes og behandles, en fra ældre tider nedstammende, hos fattigere lag av befolkningen bevaret form, der muligens har modtat nogen omformning. Jeg nævner også i forbindelse med disse fund, endskjønt oplysningerne er svage, et fund fra Meklenburg, nævnt av Beltz i Meklenb. Jahrb. 63, p. 9: en øx av typen S. M. 24 fra stenalderen fundet i en grav med skelet "in hockernder Lage".

² "Sveriges fasta fornlämningar" p. 36.

er beklageligvis tilstrækkeligt til, at iagttagelsen ikke blir tilfredsstillende. En usagkyndig finder, der ved mark- eller ager-arbeide støder på en stenøx eller et flintblad, vil naturligvis ikke, selv med den beste vilje forstå forholdet således som en sagkyndig mand. Og dernæst er det næsten sikkert, at spor av menneskeskeletter kun i sjeldne tilfælde vilde kunne findes. Erfaringer fra danske gravninger og andre steder (de svenske) viser, at knokkeldelene så let fortæres av indvirkninger fra luft og jord samt rindende vand i grus; — således tør der neppe være udsigter til at finde sådanne, der kunde veilede den ukyndige finder om, at der var noget mere at mærke sig ved fundet end øxen eller flintbladet. Hvorledes iøvrigt gravformen skulde udpræge sig, ved vi jo intet om. Formodentlig vilde der findes småstene eller muligens større stene (Gullrum), og muligens vilde der findes askeskikt efter bålbrænding (Ulfø). Det siste er dog ganske tvilsomt. — For den mere opmærksomme iagttager vilde naturligvis først og fremst jordbundsforholdene vække mistanke.

Men i det hele taget er det visst ikke for mørkt anskuet, at forholdene kun gir svage løster om at kunne træffe opbevaret fund af denne gravsorm. Man kan personlig så meget somhelst være overbevist om dens tilstedeværelse og lægge alt an på at finde den. Det vil dog antagelig bli tilsældet, som vil besordre vor kundskab på dette område¹. På den anden side er det usansynligt, at alle de norske løse fund, enkeltsund og samlede —, skulde være bare tabte sager, eller i det høieste sager nedlagte ex voto. Det er jo ikke videnskabeligt bevist, men ganske tiltalende at sormode, at slere virkelig skriver sig fra sådanne gravsund, særlig da blandt slintdolkene og skasthuløxerne.

Ved slutningen af stenalderen er handelsforholdene i Norge blevne ganske udviklede. Med den stigende kultur er også adskillig rigdom kommet ind. Herom vidner hellekisterne fra Hurum og Ramnæs². Med

¹ I Stav. Mus. Årsheste 1900 p. 82 nr. 32 er opfort et "gravfund fra yngre stenalder" (omtalt i Stav. Mus. Årsh. 1902 p. 58, nr. 6) fra Litteland i Håland pgd. Jæderen. — De altsor ufuldstændige oplysninger og det påsaldende rige materiale sra en stenkiste (?) — 3 øxer, 3 slintkniver samt i redskab — gjør det imidlertid ubrugbart som sikkert sund. Konservator T. Helliesen, som har gjort mig opmærksom på sundet, har i brev til mig velvilligst oplyst, at han ikke selv har sundet sagerne, og dersor intet yderligere tør udtale.

Muligvis noget mere brugbart er et fund av en spydspids av flint (St. M. 2590) i Stav. Mus. Årsh. 1903. Stangeland nr. 2, fra Stangeland i Høilands pgd. Jæderen. Spydspidsen blev efter opgave påtruffet under torvlaget, "i en aflang fordybning i auren, — i en sort kul- og askelignende masse". — Fuldt ud videnskabeligt brugbart er det selvfølgelig ikke.

Prof. dr. W. C. Brøgger har i sit arbeide "Strandlinjens beliggenhed under stenalderen" p. 235 ff. leveret en udførlig behandling av de kjendte fund.

bronzealderen er udviklet en for Norge og Bohuslän særdeles egen gravform — røsen.

Således er i korthed det teoretiske ved dette vanskelige punkt med gravene, som dr. Hansen behandler. — Den ældre gravform behøver i al sin formodede enkelhed ikke at betegne forhold uden »fast bosætning«. Den store mængde lovmæssigt fordelte sager fra yngre stenalder viser fuldt ud tilstedeværelsen av en fastboende befolkning — rigtignok med fattigere forhold end de danske og svenske. Det blir da også rimeligt at anta, at denne befolkning har havt en fattig gravform, således som allerede 1871 antydningsvis hævdet av Montelius¹.

3. Det tredie av dr. Hansens punkter er ulige mere væsentlig end de hidtil behandlede. For at vise hvor lidet fast grund dette bygger på, tar jeg først den anden av de to præmisser: »(b) at de ariske indvandrere selv helt gjennem bronzealderen, om ikke længere endda, brukte sten til redskap og våben«. Dr. Hansens påstand er her motiveret med utilfredsstillende, for ikke at si, ukorrekte præmisser. Der anføres til en begyndelse fra dr. S. Müllers statistik over bronzealderen², hvorledes »flintesakerne er en almindelig bestanddel i bronsealdersfundene». (Landnåm p. 144). Det er så sin sag at citere; der kan komme mangt ud av et citat. Samtlige de fund, hvori flintesager forekommer, og som Müller anfører nævnte sted, henvises til S. M. Ordning, Bronzealderen nr. 46. Jeg tillader mig at citere her ordret, (udhævelserne er gjorte av mig): »Der foreligger ikke få Beretninger om, at der i Forbindelse med Sager fra Bronzealderen er optaget enkelte Redskaber eller Våben af Sten, ganske i Stenalderens Former, navnlig Spydspidser og Dolke, sjældnere Pilspidser, tyknakkede Øxer, Øxer med Skafthul, Planker, Ryg- og Skaftsave, Ildsten o. s. v. Skjøndt

¹ Montelius: Sveriges Forntid p. 164 f. Montelius hævder, at ikke alle stenaldersmennesker blev begravede i de store stengrave, men langt enklere — hvorpå også nævnes exempler. At der også findes analogier hertil i andre lande, fremgår av dr. Hackmans bemærkninger i *Fennia* B. 17 nr. 31 p. 7 (Trouvailles préhistoriques) i anledning av Finlands mangel på stenaldersgrave: "Il est probable que les hommes de l'âge de la pierre ensevelissaient leur morts dans des fosses creusées en terre."

Efter at dette var nedskrevet, har jeg fået anledning til at se et referat av prof. O. Ryghs opfatning av disse forhold av en forelæsning fra 1895. Han sier her: "Hvor har da det norske stenalderfolk gjort af sine døde? Den rimeligste antagelse er, at man har begravet på den simpleste måde ved at lægge liget ubeskyttet i jorden. Er ligene nedlagt således for 5000 år siden, vil de nu sporløst være forsvundne. Muligens har ligene været ledsagede af gravgods. Denne grund for Norges mangel på stenaldersgrave bekræftes ved en lignende mangel i enkelte dele af Sydsverige. Her forekommer graver kun i den vestlige del af landet, mens den østlige mangler dem, og oldsager fra stenalderen findes i overflod overalt — —." Denne udtalelse er værd at lægge mærke til.

² Ab. f. nord. Oldk. 1891.

mange af disse Beretninger maa betragtes som upålidelige, efterlade andre ikke Tvivl om, at der undertiden er blevet nedlagt Stensager i Gravene sammen med Bronzealders Sager. Af 162 samlede Mandsfund fra den ældre Bronzealder indeholder 17 et enkelt, eller sjældnere 2-3 Stenstykker; 11 af disse Fund indeholder iøvrigt ældre Former, 6 udelukkende yngre. I Kvindegravene synes Stensagerne ikke at forekomme, og i den yngre Bronzealders Fund ere de i ethvert Fald særdeles sjældne. Forekomsten af Stenalderens Former i de ældre Mandsgrave viser dog ikke, at Stensagerne ere forarbeidede i Bronzealderen, eller at de i denne Periode have været brugte paa samme Maade som i Stenalderen. Det er sædvanlig mindre og uanselige Stykker; de ere ofte beskadigede eller fragmenterede og meget almindelig ere de stærkt afslidte eller afstødte ved Enderne paa ganske lignende Maade som Stenalderens Ildsten. Da der i enkelte Tilfælde er fundet Stykker af Svovlkis i Bronzealderens Grave, kunde det antages at flere af disse Flintstykker fra den foregaaende Periode have tjent som Ildsten, og at de i denne Egenskab er blevne nedlagte i Gravene. I to Tilfælde have Flintestykkerne været indsyede i et Stykke Skind eller Blære. Det er heller ikke usansynligt, at Stenalderens Redskaber og Vaaben ere blevne benyttede af Bronzealderens Folk som Amuletter eller paa anden overtroisk Måde¹.«

Dette gir et noget forskjelligt indtryk fra det, man får av den flotte påstand, at »flintesakerne er en almindelig bestanddel i bronzealdersfundene« i Danmark.

Fra norske fund anføres dernæst 4 (citerede) bronzealdersfund, der skal ha indeholdt »stenredskaper«:

1. Ab. 79 p. 147 — Grønhauge på Anda i Klep, Jæderen, Stav., indeholdt bl. a. ifølge Loranges beretning en gravlerurne og tre flintere, hvorav den ene viste sig at være shjørnestykke af en sleben kilee. — Om dette fund meddeler konservator Schetelig mig velvilligst: I fundet B. 2977 er virkelig et stykke af en slebet flintøx, som tilmed maa ha været ganske god, antagelig af tyndnakket form, da den har havt sterkt hvælvet bredside. Hvad fragmentet selv betræffer gjælder det samme som om de andre: det er et tilfældigt spaltestykke. — Det af Lorange formodede stykke af en raa spydspids i samme fund (Ab. 73 p. 90 øverst)

¹ Dr. S. Müller fremholder i sit nylig udkomne værk "Urgeschichte Europas" p. 83, at man i bronzealderen delvis har benyttet pilespidser av flint. "Wie man in den mykenischen Gräbern Pfeilspitzen aus Obsidian zusammen mit trefflichen Metallarbeiten findet, so erscheinen auch in nordischen Gräbern ganz ähnliche Pfeilspitzen von Feuerstein neben den besten älteren Metallarbeiten der Periode, die man die Bronzezeit nennt." — Pilespidserne er jo ikke av den karakter, at man kalder dem ledende typer (i kronologisk forstand).

synes mig derimod meget tvilsomt¹«. -- Da den tyndnakkede type på vestlandet er en sjælden type, og der her foreligger et fragment, er der grund til at betragte det som nedlagt i graven av religiøse årsager. I alle tilfælde er det arkeologisk talt intet »redskab fra bronzealderen«; man erindre de citerede ord av dr. S. Müller.

- 2. Ab. 81 p. 97, gravhaug fra Næsset, Klep, Jæd. Her er fundet sammen med en bronze-belteplade, en liden stenskive og et flintestykke, der av Lorange er betegnet som et spidst, tveegget redskab. Schetelig bemærker (i brev til mig): »et flintestykke, som virkelig er tilhugget i en bestemt form med en tålelig eg paa begge sider; men fundberetningen er ikke paalidelig; og selv fraseet dette, hvad kunde et enestaaende stykke af denne art bevise? —« Jeg tilføier, at her altså fremdeles ikke foreligger noget redskab av stenaldersform, fra bronzealders tid.
- 3. Ab. 75 p. 75. Hvis dette ikke er trykfeil (Landnåm p. 144 nederst), kan jeg på dette sted i Ab. ikke finde andet end nr. 46 som det formodede stykke, hvorom der kan være tale. Det er en flintox (c. 7298) fra Kjenne i Onsø, Smål., der »skal være fundet« i en haug. Sådanne beretninger om fund i hauger er ikke sjeldne og beror, som den praktiske erfaring oplyser, i regelen på fuldstændige fiktioner.
- 4. Ab. 77 p. 93. I Loranges reiseberetning fra Lister 1877 heder det: »På Kviljostranden en stor røs af rullestene, der dækkede et aflangt firkantet gravkammer med længderetning N—S. Kammeret var ganske fyldt med små udvalgte strandstene, mellem hvilke lå sort jord, brændte ben og 7 råt tilhugne flintstykker.« Schetelig bemærker: »Flintstykkerne er alle tilfældige spaltestykker.«

Bortseet fra det 3die tilfælde, der er uden betydning, er her da tale om flintstykker, vel at mærke ikke av former, der er kjendte fra nogen stenalder, når undtages den ene slebne øx (1 tilfælde), der måske tør antas nedlagt i en eller anden religiøs hensigt. — Vil dr. Hansen for alvor ta disse 3 fund til indtægt for sin udtalelse? Der står altså i denne, for nærmere at markere det, der er væsentligt: »I de få norske grave fra bronzealderen, som har indeholdt noget, har man også fundet stenredskaper« (udhævet her).

Sagen stiller sig for en arkeolog noget anderledes. Ingen av de nævnte fund har i arkeologisk forstand indeholdt stenredskaber av stenaldersformer, hvilket vil si følgende: De nævnte sager er ikke stenalders-

¹ I et andet brev fra konservator Schetelig sier han om denne "spydspids": "jeg holder det for ganske udelukket at dette kan være tilfældet med noget af de flinte-stykker, som nu ligger i fundet; de er alle tilfældige spaltestykker og kan ikke kaldes redskaber, end ikke flekker."

typer forarbeidede i bronzealder, men er i arkeologisk forstand bronzealdersgjenstande¹. — Efterat den arkeologiske videnskab har fastsat begrebet type, er spørgsmålet ikke, hvorvidt der findes sten i bronzealdersfund. Så dogmatiske er ikke arkeologerne, at de ikke indser muligheden av, at en bronzealdersmand kan ha brugt sten. Det er ikke dette, det kommer an på at vise. Her er arkeologerne forlængst enige, hvad man kan erkyndige sig om ved en gjennemgåelse av f. ex. Italiens eneolitiske perioder o. s. v. Men en skandinavisk bronzealdersmand, der var vænnet til at forme sin pålstav eller celt, kunde ikke, ifølge de love, der ligger til grund for den menneskelige udvikling, og hvorpå al typologi bygger, pludselig finde på at lave en stenøx av f. ex. den tyndnakkede type el. lign. Dette er den teoretiske betragtning. Men vil dr. Hansen omstøde denne og hævde, at mangelen på bronze her i Norge har fremtvunget brugen av sten, så må materialet adspørges. Og da gjælder det altså at spørge vore bronzealdersgrave, om øxer av stenalders-typer er fundne i dem. — Dette er diskussionens kjærnepunkt. Arkeologerne har knapt nogensomhelst interesse av at høre om den slags kuriositeter som at »germanerne endnu ved Hastings 1066 brukte stenvåben« (Landnåm p. 146). Denslags meddelelser har neppe engang kuriositetsværdi. Og dr. Hansen kan ikke for alvor mene at bevise noget med den. Og da blir spørgsmaalet dette: er der i norske bronzealdersgrave fundet stenalderssager av stenalderstyper, som skulde kunne bevise, at man i bronzealderen er vedblevet med at forfærdige saadanne?

Jeg har liggende foran mig en av mig sammenstillet oversigt over samtlige til 1900 kjendte bronzealdersgravfund i Norge. Antallet er henved 100².

Det kan være et spørgsmål av interesse for sig selv at søge betydningen av disse flint-stykker i bronzealdersgrave, som også dr. Müller anfører. Nu findes der i ikke få jernaldersgrave flintstykker, som man ialfald tidligere har betragtet som ildstål. I de fleste tilfælde vil vel dette være rigtigt. Men i andre kan det være tvilsomt. — Jeg anfører exempelvis fund fra universitetets oldsagssamling.

I. Fra ældre jernalder: C. 9375 fra folkevandringstid; gravfund fra Spangereid. — C. 7312—31. en lignende grav fra Bringsvær, Fjære, Ned. Her heder det: "omkring flere af urnerne var lagt skarpkantede kvartsstykker". — C. 7776. flintstykke fra romersk grav. Bringsvær, Fjære, Ned.

II. Fra yngre jernalder: C. 5058. flintstykker fra vikingegrav. Tokslad, Nes, Ak. — C. 15291. fem skarpkantede brændte flintstykker i gravfund fra Storsand, Hurum. Bu. — C. 12083. "Et større flintstykke, brugt som ildflint"; gravfund fra Vestgården, Veierland, Stokke, JL. — C. 19855. Et flintstykke fra vikingegrav; Eidsten, Brunlanes, JL. — C. 13703. "Et stykke brændt flint, der muligens kan ha været brugt som ildflint", gravfund; Odberg, Kvarnes, Hedrum, JL.

Det formodes jo i almindelighed, at flintstykker er det ældste materiale til ildfremstilling (tysk *Feuer-*Stein). Herom skriver A. Hedinger i Archiv für Anthropologie Bd. XXV, p. 165—170, særdeles oplysende.

² Det samlede antal grave fra bronzealderen i Norge er mange gange større end dette tal. Her kommer nemlig til et meget stort antal røser og endnu ikke udgravne hauger. Særlig Jæderen og Karmøen vil her bringe nyt materiale.

Ikke i en eneste av dem er fundet en stenalderstype¹. Der er fire gravfund, hvori der er fundet flintstykker, hvorav dr. Hansen har nævnt tre. — Som allerede ovenfor er nævnt, findes disse flintstykker lige ned i vikingetiden i grave. I alle tilfælde repræsenterer de ikke nogensomhelst stenalderstype. På grundlag av dette tør jeg påstå, at der ikke findes nogetsomhelst bevis for, at der i norsk bronzealder er forfærdiget stenalderssager av skandinaviske typer.

Det antas i almindelighed, at overgangstiden mellem stenalder og bronzealder i Skandinavien som ellers i Europa er karakteriseret ved, at kobbersager forfærdigedes ved siden av stensager. Det vil imidlertid neppe heller bli nogen rimelighed for at placere de tusener af norske stensager av skandinaviske typer ind i en sådan overgangstid, som i ethvert fald må antas at ha været meget kortere end den øvrige stenalder².

Lad os dernæst se på dr. Hansens punkt 3 (a): »at et folkefærd, selv fremmed for den ariske kultur, allikevel mottar ved byttehandel en del av nabofolkets fuldkomnere redskaper av slepen flint etc.«

Da der altså, efter hvad jeg ovenfor har søgt at vise, ikke kan være tale om, at stensagerne av skandinaviske typer kan skrive sig fra et eventuelt arisk bronzealdersfolk i Norge, må vore mange tusen stensager efter dr. H.'s teori skrive sig fra en byttehandel mellem »Nøstvetfolket« og svensk-danske stenaldersmennesker. — Vi kan med et høit tal regne, at »Nøstvetfolkets« efterladenskaber fra bopladserne³, hidtil kjendt, udgjør høist ca. 700 formede redskaber, nemlig omtrent udelukkende øxer af Nøstvettypen⁴. Man tænke sig nu disse tal-modsætninger — ca.

Desværre har det ikke været mig muligt at identificere den "flintspydspids", der skal være fundet i en gravrøs i Ski (Landnåm p. 145).

² Det er et av de vanskeligste punkter der fin's at få ikke-arkeologer til at slippe det uklare dogme, at der er anvendt stenredskaber i bronzealderen. Således f. ex. må det beklages, at dette har fået plads i et så udmerket og vidt udbredt værk som prof. A. Hellands: Bratsberg amt I p. 568. Jeg vil altså endnu engang præcisere, at udtrykket "stenredskaber" vildleder, således som det i alm. bruges. Der kan være brugt sten i bronzealderen herhjemme i Norge (endskjønt jeg ganske bestemt betviler, at det er skeet i nogen større udstrækning); men der er ikke forfærdiget redskaber av stenalderstyper i bronzealderen i Norge. M. a. o. når der f. ex. i nævnte værk sies, at "man har derfor i ikke ganske liden udstrækning benyttet også stenredskaber i bronzealderen, og man har ikke fundet noget sikkert skjelnemærke på stensager fra sten- og bronzealderen", da er dette ikke alene ukorrekt for den siste sætnings vedkommende, men også for den førstes. Man kan tilnød tillade brugen av følgende sats: der er i bronzealderen muligens anvendt sten til forfærdigelse av visse redskaber, f. ex. til pilespidser, og ildstål.

³ Jeg må her bortse fra dr. Hansens typologi, som jeg strax skal komme til.

⁴ Dr. Hansen regner til "Nøstvetkultur" også pilespidser av skifer på vestlandet og i det nordlige Norge. Herfor gis der absolut ingen arkeologisk bevisførelse. Jeg ser derfor bort fra disse, så meget mere som de ikke i nævneværdigt antal findes i det sydøstlige Norge.

fem tusen udmerkede øxer, dolke o. s. v. i tusener enkeltfund mod de 700 på et ganske lidet antal findesteder, - det rige, fyldige indtryk av en høi kultur og så den fattige Nøstvetkultur, de tarveligt tildannede øxer, hele det ældgamle præg av en fattig befolkning og så atter på den anden side de velformede tyndnakkede øxer, de fint tilhugne dolke! Jeg gad gjerne vide, hvad dr. Hansen tænker sig at de fattige Nøstvetmennesker har git igjen for de herlige flintstykker, der selv for en dansk stenaldersmand må ha havt værdi. Skulde Nøstvetfolket, om det ved bytteforbindelser tilegnede sig en betydelig større mængde stensager, end de selv fremstillede, og av en ganske anden kvalitet, ha havt øie for disses værdi, hvad de jo i så tilfælde selvfølgelig måtte ha havt, siden de »indførte« meget mere, end de selv producerede (med andre ord levede av indførsel) - da vilde vel intet været naturligere, end at de forsøgte at efterligne dem og lave disse sager selv! På det stadium, hvor stenaldersmenneskerne i Norden dengang stod, spillede efterligningen, efter hvad samtlige arkeologer er enige om, en væsentlig rolle. Men også Nøstvetfolket havde visselig den samme udviklingsspire, der er i efterligningen; det er urimeligt at anta andet.

Allerede med disse betragtninger synes det noget underligt bevendt med dr. Hansens punkter. De udgjør imidlertid endnu den minste del av beviskjæden. Hos dr. H. findes visselig intet væsentlig mere herom. Jeg må imidlertid fra arkeologisk standpunkt i det følgende yderligere trække frem nogle punkter, der har en ganske væsentlig interesse.

4. Av de fem tusen stensager av skandinaviske typer er endnu ikke en eneste én fundet på en Nøstvetboplads. I dr. Hansens hypotese burde det som led i beviskjæden indgået at påvise dette. Hvis »Nøstvetkulturen« skulde være »den norske stenalder«, skulde man jo efter hypotesen vente at finde de ved bytteforbindelser indførte dansk-svenske sager på bopladserne. Og hvor dr. Hansen taler herom, da fremstilles det, som var dette en selvfølge, at de måtte kunne forefindes. »Det burde derfor ikke engang vække forbauselse om en enkelt »tyknakket« flintøks, en fint tilhugget flintdolk eller lignende, fandtes på en ellers ren Nøstvetsboplads« (l. c. p. 143). »Man kunde før undre sig over at der ikke findes flere av den høiere tekniks produkter indført, end over at sådanne fins. - De forsigtige ord synes mig at fortælle, at selv dr. Hansen vilde bli forbauset, om en sådan situation indtraf, at man i urørt leie, påviselig fra samme tid, på en Nøstvetboplads skulde finde en stenøx av skandinavisk type og en øx av ægte Nøstvettype: - Det kan ikke indta sådan en beskeden plads dette punkt. Ti og hundrede enkelte sager kunde være tabte eller nedgravne udenfor bopladserne. Men ikke mange tusen. Dette er indlysende; selv isoleret vilde dette faktum for dr. Hansens hypotese være ganske betænkeligt.

- 5. Det er imidlertid på en måde forståeligt, at disse punkter for dr. H. ikke spiller den rolle, som de fra strengt arkeologisk standpunkt må gjøre. Det er dr. Hansens tvpologiske forudsætninger, jeg her tænker på. Allerede i mit skrift ȯxer av Nøstvettypen« p. 4 har jeg gjort opmerksom herpå; p. 128 og andre steder i Landnåm regner dr. Hansen til Nøstvettypen R. 8, 12 og 11 foruden R. 4. Som jeg før har nævnt, er R. 4 Nøstvettypen, — det er omtrent udelukkende denne, som findes på bopladserne fra ældre stenalder. R. 12 er den butnakkede øx, og Gustafson har ved sin opstilling av stenalderen i Kristiania oldsagssamling påvist, at R. 8 repræsenterer den norske form for den spidsnakkede øx og R. 11 den tilsvarende (senere) tyndnakkede. Fra dette standpunkt betragtet blir der desværre nærmest forvirring i dr. Hansens bevisførsel. Når således Sande pgd. gjennemgåes på dr. Hansens typologiske basis (p. 129), blir resultatet ganske væsentlig avvigende fra det arkeologiske. Sande er på langt nær så rigt på Nøstvetøxer som de fleste Smålenske bopladse. (»Øxer av Nøstvettypen« p. 74 og 77). Der må kun beklages, at så avgjørende resultater som i dr. Hansens Landnåm er bygget på så lidet tilfredsstillende præmisser. Der må heri desværre i det hele sees en bekræftelse på O. Montelius' ord i »Die Typologische Methode« p. 14: »Viel Verwirrung ist aber in der archäologischen Forschung dadurch hervorgerufen, dass ganz verschiedene Typen verwechselt worden sind.« --
- 6. Der findes endnu en del punkter av vigtighed; disse vil bli nærmere berørte nedenfor i nærværende arbeide, der vil indeholde en detaljeret påvisning av, at de norske stenalderssager typologisk og ved sin udbredelse begrunder opfatningen av en relativt fattig, men selvstændig norsk yngre stenalder analog med Danmark-Sveriges. Inden jeg går over til dette, findes der endnu et punkt, som har betydning ved betragtningen av dr. Hansens stenaldershypoteser. Det er nivåerne for Nøstvetbopladserne; jeg kan her henvise til prof. Brøggers arbeide »Strandlinjens beliggenhed i stenalderen«. Resultatet av de undersøgelser, prof. Brøgger har gjort, er i korthed følgende: ved at følge nivåerne for Nøstvetbopladserne vil man finde, at de svarer til en tid, der i det væsentlige falder sammen med tiden omkring den postglaciale sænknings maximum, d. v. s. at realiter er den norske »Nøstvetkultur« i det væsentlige samtidig med kjøkkenmøddingtiden i Danmark-Sverige¹. Videre er det godtgjort, at ingen ox av Nøstvettype er fundet lavere end dette nivå, mens de skandinaviske typer går ned til nivåer, der tillader os at formode tilstedeværelsen av en yngre stenalder, der i tid

¹ Jeg undlader ikke at bemærke, at ordet "Nøstvetkultur" nødigt bør bruges, da det med lethed kan misforståes. Begrebet ældre stenalder er bedre og sikrere.

optar en viss procent av hævningen av landet. Antagelig er stigningen ophørt ved bronzealderens slutning, idet røser fra bronzealderen er fundne ned til nogle få meter o. h. (5 à 6 meter, svarende til en strandlinie på høist 2 à 3 m. høiere end den nuværende, allerede ved slutten af ældre bronzealder; Prof. Brøgger, l. c. p. 327 o. a. st.). Den detaljerede påvisning av disse fakta vil man finde i nævnte arbeide. Konsekvensen er imidlertid, at dr. Hansens hypoteser for stenalderen i Norge ikke alene ikke finder nogen støtte i nivåforholdene, men tillige på det bestemteste modsies av disse.

Den *arkeologiske* behandling av dr. Hansens hypoteser viser således, at disse ikke er holdbare.

Vanskelighederne ved at skrive den yngre stenalders historie i Norge er allerede påpegte. Den egentlige mangel ligger deri, at man savner pålidelige samlede fund, hvorfra udgangspunkter for dateringer skulde vindes.

De samlede fund i Danmark og Sverige skriver sig fra sikre gravfund, hvorfor kronologien for hvert enkelt tilfælde har ganske andre holdepunkter. Videre haves -- ialfald for en del -- holdepunkter i arkeologisk så ømfindtlige typer som lerkar. Fremdeles haves endel samlede fund, d. v. s. depotfund og votivfund, hvorfra oplysninger kan hentes. Det er dog ikke væsentlig herpå, kronologien er bygget. Karakteristisk nok: typologien er her det vigtigste hjælpemiddel, således som denne endnu i større grad er det også for alle de senere arkeologiske perioder. Allerede i 1874 paviste Montelius udviklingen for ledetypen: flintoxen helt ned til den tyndnakkede ox 1. S. Müller klarlagde i 1885 udviklingen for den hele række av ledetyper, fra den spidsnakkede til den bredeggede type². Det har til alle tider senere været erkjendt, at denne typerække er avgjørende og for stenalderen frembyder de samme kronologiske holdepunkter som fibulatyperne for de senere perioder i præhistorien³. Den typologisk-kronologiske række er også særlig ved S. Müllers undersøgelser av gravformerne blevet befæstet gjennem jevnførelse med gravformernes udvikling. Det prægnante udtryk for en således i de vigtigste træk og detaljer fastslaet kronologi har man i

¹ Compte Rendu, Congrès international d'Archéologie, Stockholm 1874, p. 238.

² Ordning af Danmarks Oldsager. I. Stenalderen.

³ Således udtaler dr. O. Almgren i "Sveriges Rike" (Stockholm, "Ljus" 1900) sp. 369: "Vi ha uppehållit oss så utförligt vid denna flintyxornas utvecklingshistoria, enär det är den som ger oss en af de bästa möjligheterna för urskiljande af olika tidsskeden inom den länga stenåldern. Vid behandlingen af andra fornsaksformer ock företeelser från denna tid kunna vi nu hänvisa till, med hvilken yxform de äro samtida, ock salunda få en närmare föreställning om kulturutvecklingens gang i olika afseenden."

Montelius': »Zur Chronologie der jüng. Steinzeit« i Correspondenz-Blatt für Anthropologie etc. 1891, p. 99—1021.

For Norges vedkommende må altså mangelen på kronologisk grundlæggende fund erstattes av det typologiske materiale. O. Rygh forsøgte således i »Norske Oldsager« at opstille typer, dog uden at fastsætte nogen kronologi, hvad der vel også med det daværende fattige materiale måtte falde noget nær ugjørligt. Det er først egentlig med klarlæggelsen av de dansk-svenske rækker, at man også i Norge kunde vinde grundlag. Avhængigheden av disse er tydelig nok, og indtil videre vil man ikke komme ud over den. Når den generelle norske stenaldersgravform blir sikkert påvist, vil detaljerne formodentlig gi et nyt og sikrere grundlag. Der findes imidlertid et område, hvor detaljstudium ikke er gjort endnu; det er det topografiske område: studiet av de enkelte typers udbredelse samt studiet over forholdet mellem deres udbredelse og de enkelte landsdeles og landskabers topografi.

Den typologiske del af dette arbeide er nærmest kun en i detalj udført påvisning og bekræftelse av de resultater, hvortil den svenske og danske forskning er kommet, og som også hos os har fået sit udtryk i prof. Gustafsons opstilling i universitetets oldsamling, ved hvilken opstilling allerede udviklingen og rækkefølgen af typerne inden den yngre stenalder er trådt klart frem i dagen.

Et vigtigt dateringsmateriale er imidlertid også tilveiebragt af prof. Brøgger i det citerede arbeide (Norg. geol. unders. no. 41). Her er positive beviser for, at ældre og yngre stenalder kan udskilles. Og dernæst er det utvilsomt godtgjort ved nivåerne, at f. ex. den tyknakkede og særlig den bredeggede type må være yngre 3: tilhører et senere avsnit af hævningen i Kristianiafeltet end den tyndnakkede type. Skarpere bestemmelser kan man ikke godt forlange. Herom mere nedenfor.

Det vil være nødvendigt at erindre, at der i arbeidets fire første avsnit kun behandles *ledetyperne*. For en udtømmende redegjørelse af samtlige redskabers forekomst kan der ikke for tiden være plads. Særlig bør dette erindres, når sees hen til de *tal*, som senere er anført for øxer uden skafthul: de kan synes små og for små til at bygge på. Det er da det må erindres, at der findes mere materiale at bygge på fra norsk yngre stenalder end de her behandlede skafthul-løse øxer.

¹ Dr. S. Müller fremholder i sit nye verk "Urgeschichte Europas" (Strassburg 1905) i tidstavlen p. 54 o. a. st. flintdolkernes dominerende stilling som ledetype i yngste stenalder. Perioderne med de respektive ledetyper blir da: 1. Spidsnakket øxetypes tid. 2. Dysser med tyndnakket type. 3. Jættestuer med tyknakket type. 4. Hellekister med flintdolkernes typer. Det er imidlertid anerkjendt, at den bredeggede oxetype omtrent vil svare til denne 4de periode.

II. Typologiske bemærkninger.

A. Øxer av skandinaviske typer.

I almindelighed ansees den yngre stenalder i Norden at kunne regnes fra og med den spidsnakketle type ¹. Tilstedeværelsen av typen i Norge er først helt erkjendt av Gustafson, mens Rygh i »Norske Oldsager« til grundlag for sin R. 6 kun eiede ganske få exemplarer, og i R. 8 ikke så den direkte norske efterligningstype ².

1. Den spidsnakkede øxetype.

(Mont. 12-13. S. Müller 46-52. R. 6 og 8).

Dr. S. Müller har git typens definition i Ordning 46, for flinternes vedkommende, idet den i Danmark forekommer "sjælden af Grønsten og lignende Stenarter⁹«. I Norge findes kun de efternævnte sex stykker av flint, hvorfor dette materiale her har været av ganske underordnet betydning. Det er hovedsagelig i andre bergarter, at den forekommer i Norge. Det er derfor hensigtsmæssigt at gi en bestemmelse av bergart-typen.

Følgende 6 øxer av flint findes:

- 1. C. 15371 fra Guldvik i Id pgd., Smal. er med Loranges samling i sin tid kommet til universitetets oldsamling. Det er en tverox av flint "af Form væsentlig som Müller, Stenalderen no. 51", ganske uslebet. (O. Rygh i Ab. 1890 p. 90 no. 1 og avbildning i samme Ab. fig. 1). Stykket er eiendommeligt ved sin uslebethed og tveroxkarakter. Det tilfredsstiller ganske S. Müllers bemærkninger om typevarianten S. M. 51: "Oiensynlig en videre udvikling af den ældre stenalders tveroxer 19". Det bor da opfattes som sådant også her.
- 2. C. 18951 fra Skjeberg præstegård, Smål. er fragment av en flinten som Müller 48* (Ab. 1897 p. 74). Stykket er av mork gra flint og er skråt tilslebet ved eggen; det har en spinkel, tildels fin form.
- 3. C. 17156. Typisk spidsnakket ox av flint som Müller 46 fra Bruer i Såner sogn, Vestby pgd., Ak. (Ab. 93 p. 78). Det er av rodlig flint, slebet i facetter og ikke meget omhyggelig arbeidet. Eggen er noget skjæv.
- 4. C. 14441. Smukt exemplar av *flinton* av spidsnakket type fra *V. Rom.*, Slagen s., Sæm pgd., JL. (Ab. 88 p. 155). Stykket er av gra flint med violet skjær, slebet over det hele; nakkepartiet er beskadiget.

Mærkeligt nok er de følgende exemplarer fundne udenfor det sydostlige område, hvor der neppe skulde ventes sådanne.

Montelius i Correspondenz-Blatt 1891 p. 100. Müller Ordning og "Vor Oldtid" p. 45 og "Urgeschichte Europas".

² Det fremgår dog tydeligt av Ryghs katalogberetninger, at han erkjendte R. 8 som specifik norsk og noksa almindelig.

³ I Kjøbenhavns oldsamling findes under spidsnakkede øxer udstillet vel et snes av andre bergarter end flint, på 4 eller 5 nær dog alle fra ukjendt tindested. Det er ikke udelukket, at nogte av disse kan ha været norske.

- 5. C. 7213, original til R. 6, er en *flintøx* av spidsnakket type fra *Urland*, Hemnes, Nordl. Den er av grå flint, er slebet overalt. (Ab. 1875 p. 69 no. 17 og fig. 3 samme Ab.).
- 6. C. 20005. Spidsnakket flintex fra Erikstad, Trondenes, Tromsø amt. (Ab. 1902 p. 325). Stykket er av dårlig, grå flint, og er kun eggslebet. Det er ikke omhyggeligt tilhugget.

Alle disse stykker bekræfter blot den sydligere udvikling. De danner neppe et synderlig selvstændigt element i norsk stenalder, hvor bergarterne er det fornemste materiale.

Bergartøxerne av den spidsnakkede type kan sammenfattes under følgende definition:

Tversnittet regelmæssig elliptisk. Allerede med denne definition blir det ved et overblik over materialet muligt at udskille endel avvigende exemplarer, der samler sig om to grupper, som begge har fælles den udtalte definition, men skiller sig fra hinanden ved mindre forskjelligheder.

a. Det karakteristiske ved gruppen kan udtales således:

Tversnittet er kort elliptisk (fig. 1 og 2); i tversnittet (målt ved et punkt omtr. 1/8 av længden fra eggen) ligger forholdet av ellipsens to axer for denne gruppe omkring 3:4. Betragter man et front- og sidesnitt¹ av en sådan øx, er ved sidesnittet særlig påfaldende tykkelsen av øxen; karakteristisk er også den jevne, rundede linje, som konturerne danner ved sidesnittet (fig. 1 b). De eiendommeligheder, gruppen forøvrigt har fælles med den anden gruppe, blir omtalt nedenfor.

Det er tydeligt, at denne gruppes karakteristiske mærke: tykkelsen både av sidesnit og nakkesnit erindrer om exemplarer av den butnakkede type, der lidt efter lidt er omdannet til spidsnakket type ved indflydelse udenfra, idet øxer av den butnakkede type ganske analog med de norske øxer er kjendte ikke blot i Europa, men også udenfor samme.

Man sammenligne således fig. 15 i »Øxer av Nøstvettypen«, og særlig vil her sidesnittet overbevise om rigtigheden av denne udskilning.

β. Tversnittet er langt elliptisk, forholdet mellem axerne (målt på samme sted) ligger omkring 3:5 à 3:6 (fig. 3, 4, 5 og 6). Sammenlignes frontsnittet med fig. 1 a, sees bl. a., at her er tydeligere tendens til en spids nakke. I sidesnittet er en stor forskjel i tykkelse (fig. 3 b).

Typologisk er en øx bestemt ved tre, i almindelighed ved to snit. For at tilveiebringe mulighed for skarpere bestemmelser, hvorav igjen skarpere sammenligninger skulde kunne trækkes, vil jeg foreslå betegnelsen frontsnit og sidesnit for disse to. Og hermed menes der da: 1. Ved frontsnittet forståes den figur, der fremkommer, når der lægges et plan gjennem oxens egg og midtlinjen av oxens nakke (fig. 1 a). 2. Ved sidesnittet forståes den figur, der fremkommer, når der lægges et plan lodret på det forste gjennem oxens midtlinje, når hermed forståes linjen fra egglinjens midtpunkt til nakkelinjens midtpunkt (fig. 1 b). Det tredie snit, der skal bestemme øxen, er nakkesnittet: herved forståes den figur, der fremkommer ved at lægge et plan lodret på de to nævnte planer enten gjennem øxens midtpunkt eller gjennem et andet punkt beliggende i oxens længdeaxe. — I mange tilfælde vil man imidlertid kunne nøie sig med frontsnit og sidesnit, når man ved dette siste antyder projektionen av eventuelle smalsider.

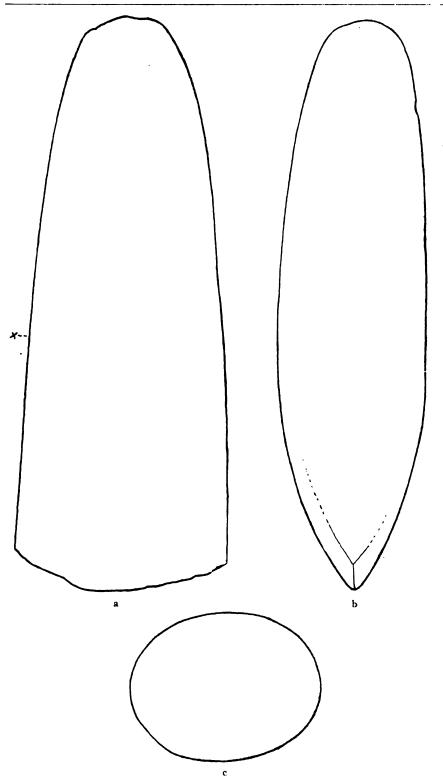


Fig. 1. Øx av spidsnakket type. Uralitiseret labradorporfyrit. Øverby, Modum. Busk. (C. 16 334). 1.

Gruppens karakteristiske mærke er dens tydeligere avstamning fra den spidsnakkede flintøxtype.



Fig. 2. Samme ox som fig. 1.

Inden de generelle bemærkninger om den spidsnakkede oxetype gis, hidsættes her en oversigt over deres antal.

| Smalenene | • | | • | | 21 |
|--------------|------|-----|----|-----|----|
| Akershus . | | | | • | 28 |
| Kristians an | nt . | | | | 1 |
| Hedemarken | | | | | |
| Buskerud . | | | ٠. | | 4 |
| Jarlsberg og | g La | arv | ik | | 6 |
| Bratsberg . | | | | | 2 |
| Nedenæs . | | | | | 1 |
| | | | _ | Til | 63 |

En detaljgjennemgaelse av fundene findes i kap. V. og en fuldstændig fortegnelse tilslut.

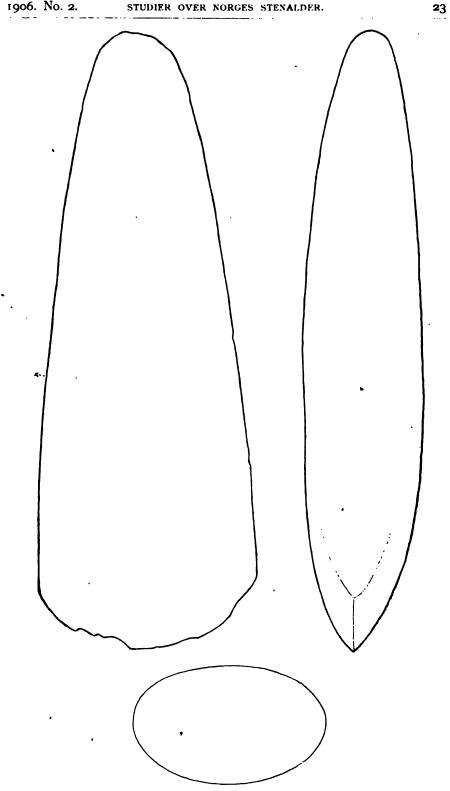


Fig. 3. Øx av spidsnakket type. Diabas. Myrvold, plads under Skotbu, Kråkstad, Ak. (C. (4.853), 4. (C. 14 853). 1.

Ved frontsnittet i begge grupper er der gjort opmærksom på en forskjel, idet dette i α er mindre avsmalnende mod nakken end i β , hvor der oftere sees en spids nakke. Av særlig interesse er eggpartiet. Også her fremtræder en nuanceret forskjel: ved α -gruppen er bredsidernes overgang i eggen ikke fuldt så jævn som ved β . Dette stemmer med flinterne for β -gruppens vedkommende, idet det karakteristiske der er, at der ikke er en skarpt avgrænset egg, hvor bredsiderne går over i denne. Det er jo naturligt, at α -gruppen ikke har denne jevne runding over i eggen, da tversnittet er kort elliptisk.

Videre har man i eggpartiet (frontsnit) eiendommeligheder, som begge grupper har fælles, og som dertil også træffes ved flinterne. Det er en stadig tilbagevendende skjævhed i eggen. Dr. S. Müller fremhæver ved no. 46: »ved Slid og Opskærpning bliver Eggen skjæv 3: bøiende stærkere indad mod den ene Sidekant, og undertiden har den allerede ved Tilhugningen faaet denne Form.« Betragtes f. ex. fig. 5, der er særlig karakteristisk, videre fig. 4 og delvis fig. 3, så er her god overensstemmelse med denne eiendommelighed ved danske øxer av typen. I mange tilfælde ved de behandlede øxer må man ligefrem gå ud fra, at eggen ved første fremstilling av stykket med hensigt er slebet således skjæv. Kun få gange er en lignende fremgangsmade iagttat ved den tyndnakkede og tyknakkede types exemplarer, og da sekundært ved opskjærpning, — men talrige gange ved den brednakkede types øxer. Det ligger nær at formode, at årsagen til eggens skjævhed er begrundet i skæftningsmåden. Oplysende er i så henseende dr. Blinkenbergs omtale av den skjæftede tyndnakkede flintøx fra Danmark¹, idet øxebladet »ikke står helt lodret på skaftets længderetning, men danner en vinkel dermed på lidt under 90°«.

Om eggpartiet må dernæst oplyses angående slibningen. Med forholdsvis få undtagelser (deriblandt samtlige øxer av grorudit) er samtlige spidsnakkede øxer kun slebne ved eggen og på bredsiderne kun et lidet stykke opover. Det slebne felt udgjør i almindelighed på hver bredside en mere eller mindre regelmæssig trekant (fig. 5 a). Hermed stemmer kjendsgjerningen fra de danske spidsnakkede flinter: »oftest kun ufuldstændigt slebne udenfor eggpartiet«. — Den øvrige del av øxen bærer altid mere eller mindre tydelige spor av fremstillingsmåden: tilstødning ved en slags prikhugning av overfladen (nærmere kap. ll). Det er særlig herigjennem avvigelsen fra flintøxerne blir forståelig, idet disses bredsider mødes i en avsleben kant, mens vi hos bergartøxerne har at gjøre med tilstødte, ikke slebne exemplarer. Jeg har antydet før, at tilstødnings-

¹ Ab. f. nord. oldk. 1898, p. 130 fig. 1.

metoden delvis bør ha influeret på den butnakkede øxes form: den måde, hvorpå man arbeidede, krævede en jevn dreining av stykket; derved er

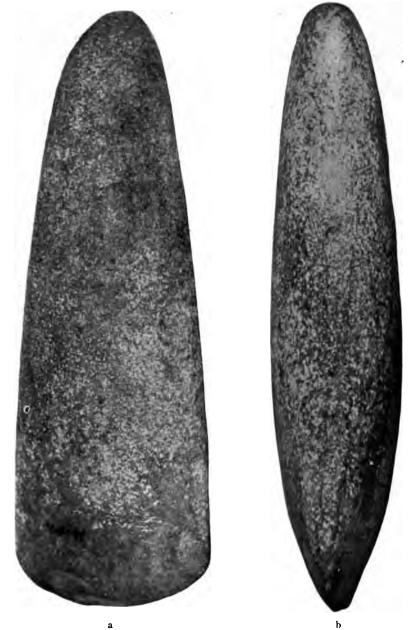


Fig. 4. Ox av spidsnukket type. Diabasporfyrit. Dillingoen, Moss landsogn, Smal. (C. 14904). Virkelig storrelse: 19.6 cm..

den trinde form fremkommet. Det blir da naturligt, at den kant, der skulde svare til flintøxernes, i bergartexemplarerne ikke blir nogen kant, men et *jevnt avrundet* parti, der bærer spor av tilstødningen (fig. 2 b,

4 b og 5 b). Enkelte ganger får stykkerne som følge herav karakteren av at eie smalsider. Til en skarpere bestemmelse behøves da blot at minde om, at smalsiderne gir et andet side og nakkesnit, der tydelig vil skilles fra det elliptiske snit ved den spidsnakkede type. Og dernæst er smalsiderne, hvor de træffes, (tyndnak- o. s. v.) ofte slebne og således fremkaldt ved en sekundær behandling. — I denne avrundede overgang mellem bredsiderne, der erstatter flintøxernes kant, tør sees et specifikt norsk træk, der er av interesse: Der arbeidedes i norsk stenalder hovedsagelig i sten, ikke i flint; fremstillingsmetoderne var ved begge forskjellige og har havt indflydelse på formen. I norsk stenalder benyttedes tilstødningen, i sydsvensk-dansk slibning. Hermed er forskjellighederne angit.

Frontsnittets nakkeparti står tilbage at omtale. Hovedkjendemærket ved den dansk-svenske type i flint ligger jo i navnet: den spids-nakkede. Nogen tilsvarende spids nakke træffes naturligt nok ikke ved bergartexemplarerne i de norske øxer. Dette ytrer sig både i front og sidesnit (se figurerne). Ved α -gruppen er nakken sjeldnere tilnærmet spids end i β , hvor det tydeligt sees, at en spids nakke er tilsigtet. Dette stemmer forsåvidt ganske med de ovenfor givne bestemmelser av begge grupper. — Det er jo meget naturligt, at der ikke optræder virkelig spidse nakker ved de norske exemplarer af bergarter; i flint har det på grund av materialets beskaffenhed ingen synderlige vanskeligheder voldt som regel at fremstille en sådan. Men ved bergarterne, hvor tilstødning, ikke hugning har frembragt formen, er det ikke godt rimeligt at finde en sådan spids nakke. Kun hvor slibning over hele stykket har udformet øxen, vil en sådan træffes (pl. VII i prof. Brøggers Strandlinjens beligg.).

Av stor vigtighed ved øxerne er sidesnittet. Rækken af sidesnit fra den spidsnakkede til den bredeggede øxetype er i Danmark-Sverige klarlagt ved Montelius-Müllers fremstillinger og opviser en udvikling av megen interesse. For de norske øxers vedkommende kan en lignende udvikling også iagttas. Særlig oplysende er sammenligningen her mellem sidesnit av α og β (fig. 1 b og 3 b). Den jevne runding i konturerne har begge; men der er en svag og dog karakteristisk forskjel ved beliggenheden av stedet for den største tykkelse: denne er ved exemplarer av gruppe α fortrinsvis beliggende nærmere midten; ellers er tykkelsen i regelen nokså jevnt fordelt over det hele. Ved gruppe β er den største tykkelse tydeligere beliggende nedenfor midten, nærmere eggpartiet (fig. 4 og 5 b). Dette fører den anden gruppe β ned imod den brednakkede og tyndnakkede type, hvor just sidesnittet har dette karaktermærke meget udpræget, ligesom også de danske og svenske flintblade av den spidsnakkede type eier det. Gruppe α kommer derimod nærmere op mod den butnakkede øx ved det træk, at tykkelsen er jevnt fordelt og i visse tilfælde har sit maximum ovenfor midten nærmere nakkepartiet.

Nakken ved sidesnittet er allerede berørt. Vi har ikke som ved flintøxerne at gjøre med en skarp kant; dette tillod ikke materiale og metode. Undtagelsestilfælderne er også her nævnt: kun når øxen en sjælden gang har modtat slibning over det hele.

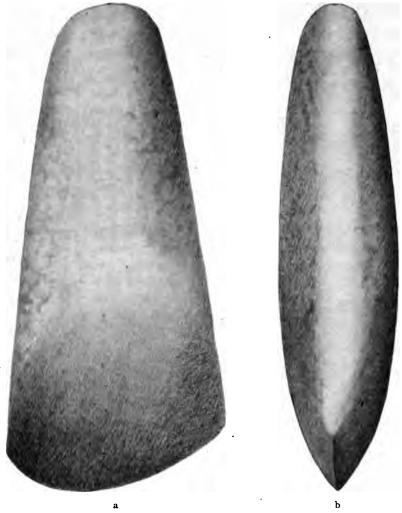


Fig. 5. Øx af spidsnakket type. Tvedalen, Tanum, Brunlanæs. 1.

Der findes enkelte exemplarer, der avviger noget fra den angivne norm, dog ikke mere end at det sees for hvert enkelt. Særskilt må omtales et stykke ganske som Müller 50. Det er avbildet hos prof. Brøg,ger pl. VII (Strandlinjens beliggenhed). Det har alle kjendemærker av at være påvirket fra et sådant flintstykke som Müller 50. Kun er bredsiderne ganske sterkt hvælvede, men smalsiderne ikke des mindre skarpt udhæ-

vede. »Med fuldstændig slibning på alle Flader« stemmer ganske med det omhandlede stykke. Der kjendes kun dette ene stykke.

Tveroxer som Müller 51 (og 52) er ikke fundne udprægede blandt bergartøxerne. Det eneste tverøxstykke er av flint (p. 19, no. 1).

Oversees nu ester dette den spidsnakkede types udvikling i Norge, vil der kunne gis sølgende almindelige bemærkning derom: Man tør anta, at den spidsnakkede type delvis er udviklet av den butnakkede øxetype (gruppe α) og delvis under tydelig indslydelse av den spidsnakkede slinttype (gruppe β). Men denne udvikling er neppe selvstændig i Norge. Med hensyn til det tidssorhold, der kunde forlange avgjørelse ved denne deling, må det fremhæves, at rent teoretisk seet er gruppe α antagelig ældre end gruppe β . Det tør dog sies, at en sådan tidsadskillelse ikke lader sig gjennemsøre. Det er rimeligere at si, at begge grupper hører sammen og vel er samtidige. Jeg har betegnet dette ved at samle dem under navnet den spidsnakkede type, hvorved er udtalt, at de i tid sylder hinanden ud. Årsagen til denne specielle udvikling er at søge i de naturlige forhold i Norge.

Den sydøstlige del av landet mangler naturlig forekommende flint (kap. III og prof. Brøgger). Dette medfører en sterk udvikling av bergarttekniken: tilstødning. Man tør i sin almindelighed anta, at indflydelse fra den dansk-svenske type i flint også har påvirket den norske type. Dog kan det erindres om, at der i Mellem-Europa forekommer ikke få bergartøxer av spidsnakket type, der i mange træk minder om den norske type. Vi har derfor lov til at anta, at disse i ikke liden udstrækning har påvirket denne.

Den brednakkede øxetype.

(Müller 53. R. 2).

Typen er i flint defineret av Müller. Ganske som ved den spidsnakkede type er de norske øxer med fire undtagelser av bergarter.

- 1. C. 17011. Flinten av brednakket type, lidet og uanseeligt exemplar. (Ab. 1892, p. 80). Stykket er av grå, mork flint; dårligt tilhugget, slebet ved eggpartiet. Det er fundet på Vestereneiet nær ved Hønefos by, i Haug s., Norderhov pgd., Busk.
- 2. C. 12345. Flintux av brednakket type, ganske usleben. Tversnittet er næsten trekantet, idet den ene bredside er tagformet tilhugget; f. på Dæle præstegård, Skoger pgd., JL. (Ab. 1885, p. 112).
- 3. C. 20089. "Flinter, tosidet, som R. 2, men stykket er ufærdigt, og store stykker af den oprindelige overflade er ikke fjernet; 14.9 cm. lang, største br. 7 cm. F. på Jølle, Vanse, List." (Ab. 1902, p. 331).
- 4. C. 146. Flintex av brednakket type, original til R. 2. Er det smukkeste av de fire stykker. Aga, Ullensvang, Kinservik, S. B.

Det fortjener at bemærkes, at samtlige fire stykker ikke er av fremtrædende godt arbeide. Det synes at bekræfte, at den brednakkede type i tid er samtidig med den spidsnakkede.

Bergarttypen kan defineres således:

Med to svagt hvælvede sider, der runder jevnt over i hinanden; nakken bred. Tversnittet elliptisk (fig. 7-8).

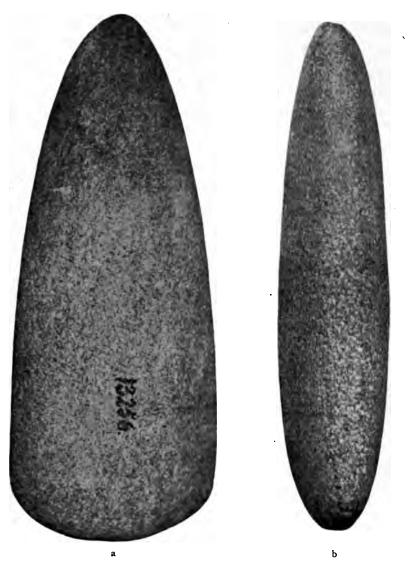


Fig. 6. Øx av spidsnakket type. Ufærdigt expl. Diabasporfyrit. Sogard, Aremark, Smål. (C. 13256). Virkelig storrelse: 17.5 cm.

Vi ser, at forskjellen fra den spidsnakkede type kun findes i frontsnittet, idet linjerne ikke gar sammen, men løber nogenlunde jevnt parallele mod den brede nakke, der har noget mindre størrelse end eggen. — Hvad der iøvrigt er sagt om den spidsnakkede type, gjælder ganske tilsvarende også om den brednakkede. En rekapitulation gir dette: Ved frontsnittet er i definitionen nævnt det væsentlige: den brede nakke. Det er af vigtighed, at der findes exemplarer, der danner over-

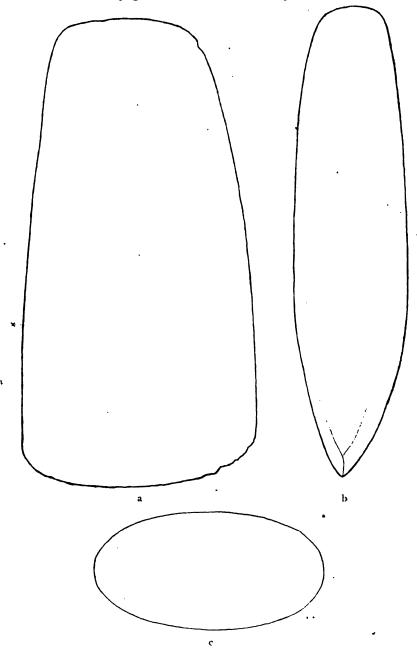


Fig. 7. Ox av *brednakket* type. Diabas. *Bergsmarken*, Tingelstad, Brandbu, Krist. (C. 20092). †. gange mellem de brednakkede og spidsnakkede typer; det er jo nævnt, at det karakteristiske kjendemærke ved flintoxerne, den spidse nakke, ikke er så udhævet ved bergartøxerne. Dette kommer særligt frem ved for-

søgene på at holde ud fra hverandre de spids- og brednakkede stykker. Dog er der i almindelighed ingen tvil om, hvor stykkerne hører hen. Den skjævhed i eggen, der nævntes under 1, træffes også ganske karakteristisk ved 2 (fig. 8). Slibningen forholder sig ganske på samme måde som ved 1: den er indskrænket til eggpartiet alene; ellers findes der tydelige spor av tilstødning. Et avvigende exemplar er fig. 8 av en meget hård, ikke nærmere bestembar bergart. O. Rygh bestemte den (Ab. 1882, p. 148) til at være av flint; endskjønt dette ikke er rigtigt, kan man dog gå ud fra,



Fig. 8. Wx av brednakket type. Vanskelig bestembar bergart (dog ikke flint).

Kalfuss, Vestby, Ak. (C. 10853). Virkelig storrelse: 13.2 cm.

at bergarten for stenaldersmennesket har seet ud som flint og idetmindste ved hugningen forholdt sig ganske som flint. Derfor har stykket megen interesse: der er en overføring av flintteknik på andre bergarter, som træffes meget ofte i yngre norsk stenalder. Den jevne overflade, som tilstødningen gir, har her været vanskelig at tilveiebringe uden slibning. Det muslige brud, stenen har, har vanskeliggjort stødning. Den jevne overflade er derfor i stedet tilveiebragt ved slibning over hele fladen, noget som ellers ikke forekommer almindelig på flinterne (Müller 53). — Dette lille træk vidner om, at stykket er norsk. — Ganske som ved 1 er

der ikke nogen skarp kant, hvor bredsiderne mødes, men et jevnt avrundet parti. Hvad der er sagt om nakkepartiet i 1 gjælder også her.

Antal og udbredelse:

| | | | | Tils. | | 69 |
|---------------|---|---|---|-------|-----|----|
| Nedenæs . | • | • | ٠ | • | • | 1 |
| Bratsberg . | | | | | | _ |
| Jarlsberg og | | | | | | _ |
| Buskerud . | • | | | | • | 8 |
| Hedemarken | | | | | • . | 1 |
| Kristians amt | | | | | | I |
| Akershus . | | • | | | • | 19 |
| Smålenene. | | | | | | 23 |

Med hensyn til tidsforholdet mellem de to typer I og 2 er det i almindelighed antat, at de udfylder hinanden i tid og ikke er skilt. Dette bekræfter det norske materiale; den brednakkede og spidsnakkede type er kun typologisk skilt og her ved en liden forskjel i frontsnittet alene.

3. Den tyndnakkede type.

(Müller 54-58. Montelius 19-22. R. 11, 3 og 7).

Det er først ved denne type, flinten begynder at gjøre tjeneste som mere almindeligt materiale i norsk yngre stenalder. Endskjønt der ikke typologisk er andre forskjelle mellem flintexemplarerne og bergartexemplarerne end de, der er betinget av forskjellen i materialet alene, er det hensigtsmæssigt at behandle flinterne og bergarterne hver for sig.

A. I flint.

Dr. Müller har defineret typen: »Slanke, firsidede Øxeblade med noget hvælvede Bredsider og svagt buede Smalsider, som oftest falder lidt indad mod Eggen og noget mere imod Nakken«. Müller skiller videre mellem lange (Müller 54) og korte (Müller 55). Ganske den samme inddeling gjælder de norske exemplarer. Da der tillige hermed er givet en typologisk række, skal de her behandles hver for sig.

a. (Som Müller 54). Lange, med noget hvælvede bredsider og svagt buede smalsider; i sidesnittet iagttas, at den største tykkelse som regel ligger noget nedenfor midten nærmere eggen (fig. 9 og 10). -- Det karakteristiske ved denne gruppe er i typologisk henseende dens sammenhæng med den spids-brednakkede oxe; særlig kommer dette frem i sidesnittet, idet det nævntes ved 1 og 2, at maximum av tykkelse i almindelighed kunde sees at ligge lidt nedenfor eller ved midten av øxen.

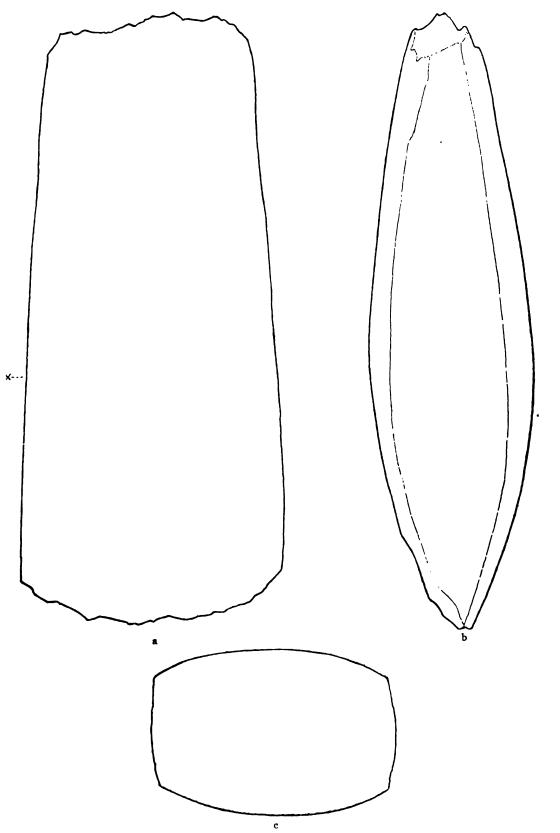


Fig. 9. Øx av tyndnakket type. Rødlig flint. England, Røken, Busk. (C. 12207). 1. Vid.-Selsk. Skrifter. I. M.-N. Kl. 1906. No. 2.

β. (Som Müller 55). Korte, med noget hvælvede bredsider; sidesnittets største tykkelse er i almindelighed beliggende ved midten, eller linjerne er jevnt buede, dog således at maximum av tykkelse holder sig nærmere midten (fig. 11). Inden denne gruppe findes overgangsexemplarerne til den tyknakkede øx.

γ. Som en varietet av den tyndnakkede type i flint kan øxer som fig. 12 opfattes, av prof. Gustafson (i forelæsninger) betegnet som tyndbladede. De har alle typens kjendemærker og skiller sig kun ud med hensyn til størrelse, idet de er fine, slanke øxeblade, der neppe overstiger 12—15 cm's længde. De er jevnt og smukt arbeidede, er altid slebne over det hele, og indordner sig ved sit sidesnit i den senere klasse av den tyndnakkede types flintblade. Deres antal er ikke stort i forhold til typen. Det overstiger neppe 50 stykker 1.

Om flintøxerne i sin almindelighed kan det sies, at de tilfredsstiller definitionen hos Müller. De er oftest fuldstændig slebne på alle sider, dog med undtagelser. Uslebne øxer forekommer (i et antal av 15 st.), men ikke i det forhold, som f. ex. disse findes i det svenske og danske materiale. Arrene efter hugningen sees ikke sjælden selv ved det best formede stykke. — Der findes forholdsvis ikke få av de svære, imponerende flintøxer, der er så karakteristiske for dansk og svensk stenalder. De er da udmærket arbeidede og står i denne henseende fuldt på høide med de danske og svenske. Størrelsen når dog ikke disses 2.

Den udvikling, der ved adskillelsen mellem grupperne α og β er antydet, støttes ved den generelle betragtning, at de svære flinter av gruppen α tør betegne en kulmination av typens udvikling. Den udvikling, der således har fundet sted, er visselig ikke til at ta feil av: at endel av øxerne av den tyndnakkede type står nærmere den spids-brednakkede, mens andre betegner en kulmination av typens udvikling og endelig tilslut endel stykker står på overgang til den følgende type 4, den tyknakkede.

Således har udviklingsgangen i almindelighed været opfattet, idet der har været lagt en hovedvægt på antagelsen om en selvstændig udvikling fra spidsbrednakket type til tyknakket type, foregået inden det nor-

¹ Tyndbladede øxer findes også i Danmark og Sverige. Fra Nationalmuseet i Stockholm har jeg noteret fra en jættestue (Åsahögen) i Skåne fem tyndbladede øxer fundne sammen med tre lerkar og andre ting. Montelius: Statens hist. mus. (1903), no. 25 F.

² Maximalstorrelserne sees af folgende tal: C. 8463, original til R. 7, det største hele exemplar er 37.6 cm. Ubetydeligt mindre er C. 18882: 37.1 cm. Herefter to stykker på 34 cm. og enkelte på 31 cm. Et fragment av en flintox tor antas at ha havt en længde av > 39 cm.! (C. 17319). Det største flintstykke fra norsk stenalder er muligvis emne til tyndnakket ox: C. 20059 i Ab. 1902, p. 330, fig. 2, der er 46.1 cm. lang.

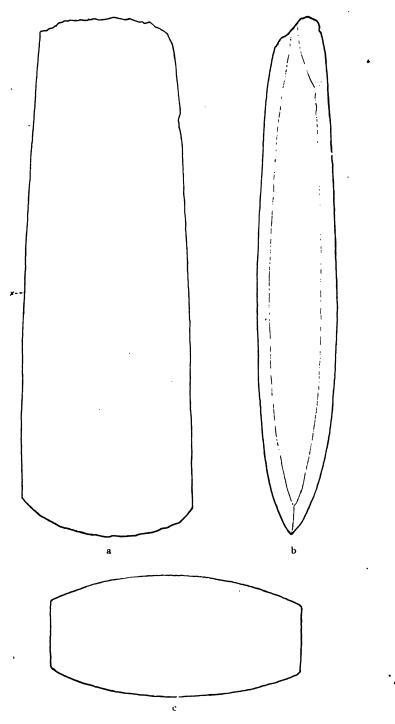


Fig. 10. Ox af tyndnakket type. Brun flint. Mell., Torper, Hærland, Eidsberg, Smal. (C. 15188). a=b i $\frac{2}{3}$; c i $\frac{1}{4}$.

diske område. Imidlertid har dr. S. Müller nu (1905) fremsat en ny hypotese, væsentlig gjældende den tyndnakkede type, men også den tyknakkede og bredeggede, der, i tilfælde av at den vil vise sig at være rigtig, vil influere på opfatningen av denne udviklingsgang i Nordens stenalder. Denne nye hypotese går i det væsentlige ud på, at den tyndnakkede type er en nordisk omdannelse av den italienske kobberøx fra Italiens kobberalder. Forandringen i den tidligere opfatning blir herved i realiteten ikke liden. Man har før været så nogenlunde på det rene med, at den bredeggede øxetype til en viss grad må have været påvirket av kobbertypen, hvis særkjende just er den udsvingede egg. Ikke alene forandres ved den nye opfatning de kronologiske forhold for en væsentlig del; men også opfatningen av stenalderen i Norden, kulturelt seet, blir forrykket.

I dette arbeide er ikke pladsen for nogen nærmere behandling av denne nye hypotese. Kun et par punkter skal bemærkes. For det første er det utvilsomt, at en blot og bar typologisk overensstemmelse, som den er hævdet i Urgeschichte Europas, ikke er tilstrækkelig til at vove en avgjørelse av forholdet. Ti typologisk seet er der ingen nærmere overensstemmelse specielt mellem den tyndnakkede nordiske flintøx og den italienske kobberøx: det væsentlige ved den siste er en udsvunget egg, der mangler den første; det væsentlige ved den første er en tynd, skarp nakke, der mangler den siste, ialfald som regel. Udtrykket »vollständig entsprechend« er derfor misvisende. Imidlertid er det vistnok på basis av sin hele opfatning av selve kulturstrømningernes veie, at dr. Müller har sat den tyndnakkede type i forbindelse med kobbertypen. Men da er den anførte kobberøx fra Remedellogravfeltet egnet til at vække tvil om den ubetingede rigtighed av opfatningen om en sammenhæng mellem italiensk kobberalder og nordisk dyssetid (Montelius 2. periode). Dr. Reinecke har pegt på Remedellogravfeltets tydelige samhørighed med den kulturstrøm, der bragte Syd-Tyskland den for hele Mellem-Europa så uhyre vigtige båndkeramik². Men båndkeramiken, hvor kobberet virkelig først optræder i Tyskland, kan ikke godt være samtidig med dyssetid i Norden, men snarere med jættestuetid og yngste stenalder. Dette stemmer med Montelius' kronologi, der sætter det ældste kobber i Norden til tredie periode⁸.

^{1 &}quot;Urgeschichte Europas" p. 45-46.

² P. Reinecke: Zur jüngeren Steinzeit in Südwestdeutschland. Westdeutsche Zeitschrift 1900.

³ Chronologie d. ä. Bronzezeit, p. 223. — Opfatningerne av Tysklands neolitiske kronologi er som bekendt ikke helt på det rene endnu. Dog er det visst, at Nord-Tyskland

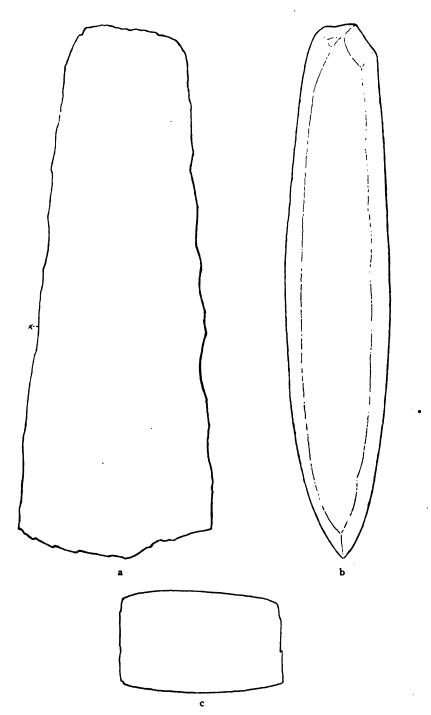


Fig. 11. Øx av tyndnakhet type (overg. til tyknak.). Flint. Kranstad, Fon, Ramnæs, JL. (C. 13199). 1.

38 .

Omend med disse bemærkninger intetsomhelst er *bevist* (hertil kræves et større apparat), så vækker de dog tvil om den ubetingede rigtighed av Müllers hypotese. Og med hensyn til, at der uden denne hypotese ingen tilstrækkelig forklaring skulde findes for den selvstændige udvikling fra spidsnakket til tynd-tyknakket, så har man jo dr. Müllers egne ord i Ordning: »de tyndnakkede ere udviklede ved en fortsat Omdan-

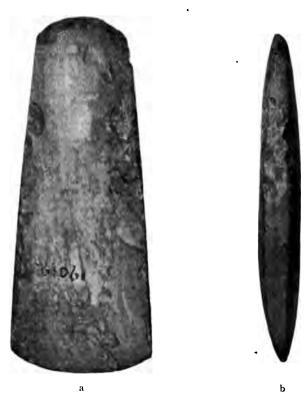


Fig. 12. Øx av *tyndnakket* type (tyndbladet). Flint. *Gulli*, Sæm, JL. Virkelig storrelse: 12.5 cm. (C. 19019).

avgjort er helt forskelligt i alle dele fra Mellem- og Syd-Europa i det hele, idet her megalitgravene, de udprægede oxetyper og den let kendelige keramik ikke står i nogetsomhelst forhold til de samtidige grupper i Mellem-Tyskland og videre sydøstover, hvor båndkeramikens mange forskellige grupper og senere snorkeramiken behersker områderne. (At snorkeramiken virkelig er yngre, ikke som Götze har troet, ældre end bandkeramiken, er navnlig fremholdt av Köhl, og nylig bevist av prof. Höfer i Jahresschrift f. d. Vorgesch. d. sächsisch-türing. Länder. Bd. I. p. 39 ff., Halle 1902). Hvis Kössinnas tydning herav er rigtig (Zeitschr.' f. Etn. 1902), hvad der er grund til at tro, vil hele dr. Müllers hypotese om den tyndnakkede ox som efterdannelse av ital. kobberox være urigtig helt igennem. -- Iethvert tilfælde synes det, som man skulde kunne vise dette bl. a. ved tilknytning til zonelerkarrene, Müller 225 (tysk "Glockenbecher", ital. vase a campana), den vest-europæiske form, der i Italien tilhører eneolitisk tid, altsa er samtidig med kobberoxerne, og i Danmark findes i jættestuerne. Dette har jo Montelius vist d. c. p. 89 t.).

nelse af Formen«, nemlig ved en omdannelse av den spids-brednakkede øxetypes form¹.

B. Av bergarter.

Endskjønt materialet ikke gir rum for fuldt så skarpe distinktioner som ved flintøxerne, kan man dog også her skille mellem de to grupper α og β . Kjendemærkerne er ganske de samme; naturligt er det da, at alle kanter er mere jævnede ved bergartøxerne (fig. 13—15).

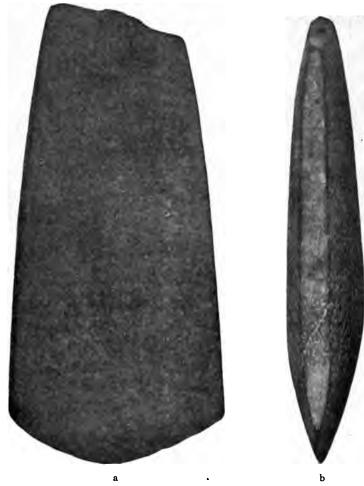


Fig. 13. Øx av tyndnakket type. Epidotiseret mandelsten. Sjørvold, Norderhov, Busk. (C. 16127). Virkelig størrelse: 17.7 cm.

¹ I Kjøbenhavns museum findes blandt det store antal øxer av kobber (eller av tinfattig bronze) med de sædvanlige former med udsvunget eg, og tydelig refererende sig til den bredeggede øxetype, også nogle ganske få tynde kobberblade uden ophoiede side-kanter og uden udsvunget egg, ikke lidet mindende om de ovenfor nævnte tyndbladede flintøxer, der antoges at svare til en sen udvikling av den tyndnakkede øxtype, — muligens fra jættestuetid, og maske fra en sen del av denne (?). Skulde det ikke kunne

Ved frontsnittet er der neppe nogen forskjel mellem α og β . Den jevne avsmalning er fælles for alle stykker. Opmærksomhed fortjener slibningen. Fremdeles er det tilfældet som ved I og 2, at man tydelig kan skille det tilstødte fra det slebne. Kun er det her av vigtighed, at der oftere træffes en slibning av hele stykket, ganske som ved de tyndnakkede flintøxer (fig. 13). Det kan også sees, at man muligens har betjent sig av to slags slibning, den ene — den sædvanlige — der er anvendt ved I og 2 ved eggpartiet, men dertil en ringere, der efterlod de svære bredsider med endnu jævnere flader end tilstødningen. I sådanne tilfælde kan man meget vel skille disse to slibninger, mens den grovere slibning ofte kan skjule den tilstødte overflade, således at man ikke tydeligt kan erkjende denne.

Ved sidesnittet er særlig smalsiderne av interesse. I almindelighed sees det (som på fig. 14 b og 15 b), at disse er efterladte tilstødte. Sjældnere er de tilfælde, hvor også smalsiderne har modtat den finere slibning (fig. 13); hyppigere findes den grovere slags slibning. Nakkepartiet frembyder naturligvis ikke i sidesnittet den mere eller mindre skarpe kant, som flintøxerne har, — hvad der allerede er omtalt flere ganger ved 1 og 2 som naturlig forårsaget ved materialet. Undtagelser er også her de vel slebne exemplarer, hvor indflydelserne fra fremgangsmåden ved flintøxerne er så tydelig.

Blandt bergartstykkerne i 3 findes ingen i Norge, der har så svære dimensioner som flintøxerne inden gruppen α . Dog er der endel, der ganske imponerer ved sin sværhed, og som blir at opfatte som beviser på den stadig øgende indflydelse fra det sydligere område¹.

Tverøxer og huløxer træffes i Norge ikke blandt øxerne av tyndnakket type.

tænkes, at kobberøxer av nævnte type muligens snarere kunde være en nordisk efterdannelse av disse sene tyndnakkede flintblade end omvendt, hvorved ikke den kronologiske tidsbestemmelse av kobberets indførelse i Norden under seneste stenalder (tyknakket og bredegget øxetypes tid) vilde væsentlig forrykkes?

Her ansøres enkelte av de største stykker: C. 12166, det største hele stykke, 32 cm. Dernæst C. 11186: 27 cm. Herester stykker på 25 cm., og ikke så på 23. Et fragment av en sleben øx av gruppen α (C. 10219 fra Hole, Busk.) har en bredde over eggpartiet (frontsnit) av 9.1 cm. Sammenlignes hermed bredden på nogle slintlinealer, sindes S. M. 54: 8.8 cm., det største norske stykke 9.6 cm. Det er da troligt, at vi her har havt et pragtstykke av sjelden kvalitet.



Fig. 14. Øx av tyndnakket type. Labradorporfyrit. Rikeseim, Hobol, Smål. (C. 9944). Virkelig størrelse: 23.5 cm.

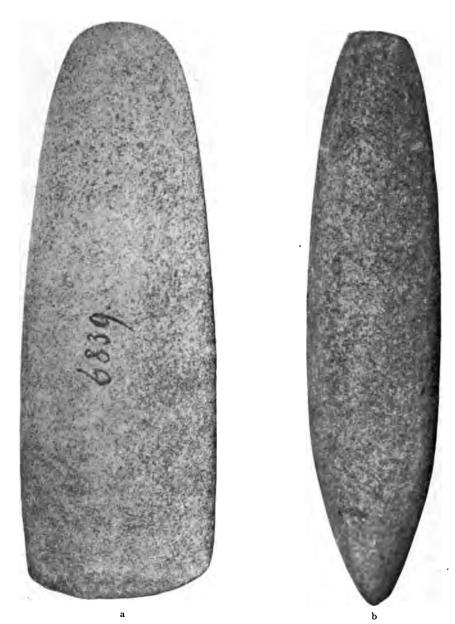


Fig. 15. Øx av *tyndnakket* type. Ordinær diabas. *Fyran*, Krødsherred, Busk. (C. 6839). Virkelig størrelse: 18.8 cm.

Antal og udbredelse av 3:

| | | | flint | sten | |
|---------------------|--|---|-------|------|-----|
| Smålenene | | • | 32 | 24 | 56 |
| Akershus | | | 21 | 32 | 53 |
| Hedemarken | | | 6 | I | 7 |
| Kristians amt | | | 5 | 2 | 7 |
| Buskerud | | | 25 | 18 | 43 |
| Jarlsberg og Larvik | | | 28 | 12 | 40 |
| Bratsberg | | | 11 | 4 | 15 |
| Nedenæs | | | 2 | 6 | 8 |
| | | | | | |
| | | | 130 | 99 | 229 |

4. Den tyknakkede type.

(Montelius 24-31. Müller 59-63. R. 10, 17 og 21-22).

Langt talrigere end de tre foregående typer er den týknakkede type repræsenteret i norsk stenalder. Også her anbefaler det sig at behandle flinterne og bergartstykkerne hver for sig. Dog kan det i sin almindelighed sies, at her har flinten overvægten, hvad der ytrer sig først i den numeriske overlegenhed, men dernæst også i det tekniske, idet flinttekniken oftere sees at være overført på bergartstykkerne.

A. Av flint.

Også her lader sig med tydelig fordel udskille to typevarianter, av Müller betegnede som *svære* og *slanke*. Hermed er givet udviklingsrækken ned til den bredeggede type.

- a. Som Müller 59. Avgjørende er sidesnittet (fig. 16 b), der står nær de seneste blandt 3 og overgangsexemplarerne til 4α: jevne, runde linjer med den største tykkelse ved midten eller ikke sjælden noget ovenfor midten. Til den udførlige definition hos Müller kan intet videre sies om de norske øxer. Slibningen forholder sig ganske som Müller 59, idet bredsiderne alene som oftest er slebne, mens smalsiderne som regel er ladet uslebne eller ialfald mindre omhyggelig slebne. Helt uslebne stykker er sjældne.
- β . Som Müller 60. Ved sidesnittet nåes her slutningen av den udvikling, dette frembyder fra 1 α til hid: den største tykkelse er nu ved nakken, hvilket bestemmer øxens hele udseende (fig. 17). Dette moment: den største tykkelse ved sidesnittets konturlinjer, er jo helt avgjørende gjennem hele den yngre stenalder: ved 1 α var den beliggende ved midten, men flyttede sig snart ved 1 β til nærmere eggpartiet, hvor den forblev

til 3 α , da en flytning atter og langsomt gjennem 3 β finder sted til 4 α . Grundlæggende er dette snit derfor. Det suppleres av frontsnittet, der her danner skille mellem 4 β og 5. Ved de større exemplarer er det, som Müller har gjort opmærksom på, vanskeligt at skille mellem 4 α og β . —

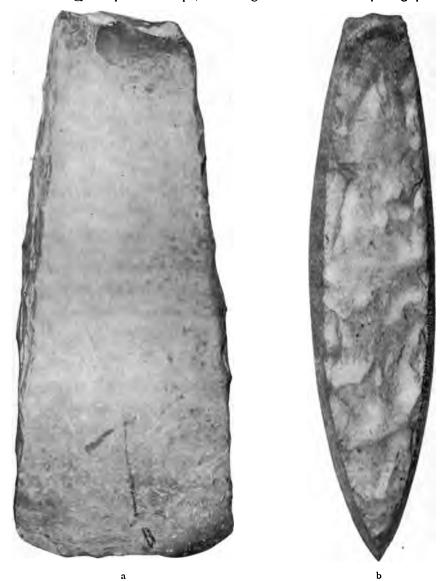


Fig. 16. Wx av tyknakket type. Flint. N. Svindal, Fet, Ak. (C. 15203). Virkelig storrelse: 16.2 cm.

Ganske som ved de danske øxer er slibningen av disse flintøxer ofte indskrænket til at gjælde eggpartiet. Dog forekommer også slibning over hele fladen og tilmed en og anden gang på smalsiderne. Også *hulslebne* stykker forekommer, stundom lige så udprægede som de, der nævnes av Müller i Ordning: »nogle enkelte fortrinlige Stykker er svagt hulslebne over Bredsiden«.

Øxer som Müller 62, tveroxer, varianter av 4β er ikke almindelige, men findes i enkelte exemplarer. Endnu sjældnere er tveroxer av gruppen 4α . (Müller 61). Av Müller 63 vides intet stykke fundet i det sydøstlige Norge.



Fig. 17. Øx av tyknakket type. Flint. Rom, Slagen, Sæm, JL. (C. 18737). Virkelig størrelse: 13.5 cm.

B. Av bergarter.

Det er karakteristisk, at der inden øxerne av andre bergarter end flint kun er et fåtal, der hører til den tyknakkede type (fig. 18). Dette er tydeligt vidnesbyrd om, at indflydelserne sydfra er voxende, idet importen av flint har steget jevnt gjennem den hele stenalder (kap. IV). Vi kan ikke her med det fåtallige materiale dele lige så skarpt som ved flintøxerne; dog tør det sies,

at den karakteristiske udvikling av sidesnittet findes helt repræsenteret. En særskilt variant er inden

 α : R. 10, med konkave smalsider (fig. 19). Der kjendes 17 exemplarer fra det sydøstlige Norge. Ifølge sidesnittet blir den nærmest at henregne til den gruppe øxer, der har største tykkelse ved midten, muligens dog i enkelte tilfælde til β . Varianten R. 10 er neppe norsk av oprindelse. Ad

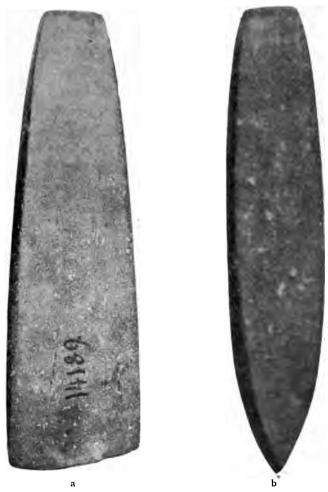


Fig. 18. Ox av tyknakket type. Labradorporfyrit. Fossberget under Ulleren, Ov. Eker, Busk. (C. 14189). Virkelig størrelse: 16.8 cm.

literaturens vei har det imidlertid ikke været muligt at påvise den fra Sverige eller Danmark. Så meget heldigere er det da, at jeg ved amanuensis O. Frödins velvilje fra Stockholm kan meddele følgende: »Typen Rygh 10 finnes repräsenterad i Statens Historiska Museum; jag har noterad ett 15 tal från Skåne samt atskilliga från Blekinge, Halland, Värmland och Uppland. Möjligen äfven fran öfriga provinser; jag har ej genomgått det magasine-

rade materialet. »Rännan« går stundom rundt banan. Endast i »grönsten« har jag iagttagit densamma.«

Fra Dannark har amanuensis G. Mørck på min anmodning velvilligst noteret, at typen også forekommer her, men mærkelig nok syntes konkave smalsider her også at forekomme på svære bergartexemplarer av tyndnakket type (Müller 56). Analogt hermed findes i Kristiania oldsagssamling to tyndnakkede øxer med tydelig konkave smalsider, der altså lader for-

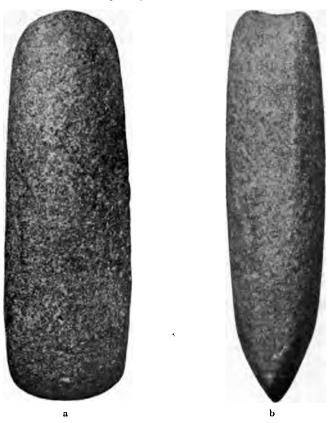


Fig. 19. Øx av tyknakket type, var. R. 10. Diabas. Farseggen under Lille Kjos, Skedsmo, Ak. (C. 8021). Virkelig storrelse: 13 cm.

mode, at konkavitet i smalsiderne ikke er et til den tyknakkede type bundet fænomen. Den forklaring ligger da nær, at den rendeformige udgravning av smalsiderne refererer sig til en eiendommelighed ved skjæftningsforholdene ¹.

Denne forklaring har dr. Beltz optat for enkelte stykker fra *Meklen-burg*, hvor typevarianten mærkelig nok sees at forekomme².

¹ C. 6839 fra Fyran, Krodsherred, Busk, og C. 19547 fra Fosser, Vestby, Ak.

² R. Beltz i Meklenburg, Jahrbücher 63, p. 36: fra Tempzin ved Brüel: "interessant dadurch, dass an den Schmalseiten kleine Vertietungen sind, die wohl das Einklemmen

Indtil videre tør man derfor gå ud fra, at konkavitet i smalsiderne ikke er bundet blot til tyknakkede øxer.

Iøvrigt er der ikke meget at si om bergartøxerne av typen 4 α . Det er karakteristisk, at der ofte ikke findes slibning andetsteds end ved eggpartiet, og at man har noiet sig med at tilstøde de øvrige flader. Ofte træffes dog slibning over hele fladen. Antallet av herhen hørende øxer er ikke stort.

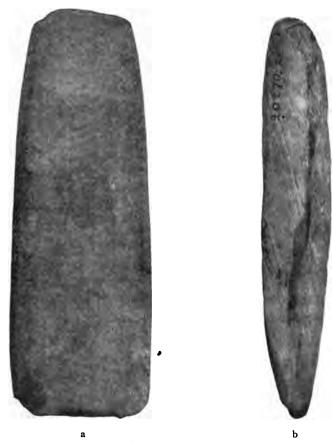


Fig. 20. Øx av tyknakket type. Huløx. Skifer. Vestnes, Romsdal. (C. 20270). Virkelig storrelse: 15.8 cm.

β. Med sidesnit som 4 Aβ. Ikke mange exemplarer findes. Det fortjener at bemærkes, at flere er helt slebne, hvori må sees en indflydelse fra flintarbeidet. Huloxer findes, men ikke i mange stykker (fig. 20). Med denne typevariant stanser udviklingen i de skafthulløse bergartøxer. Der findes ingen øxer av bergarter av den efterfølgende type.

in den Schaft erleichtern sollten." — P. 38 sammesteds fra Krusenhagen ved Wismar, sammen med en flintøx av tyknakket type, en bergartox med "Schmalseiten nach innen gewölbt". Endelig fra Neuburg ved Wismar en ox: "Schmalseiten leicht nach innen gebogen".

Antal og udbredelse av 4:

| | | | | | | av flint | av sten | |
|-------------|-----|----|-----|----|--|------------|---------|-----|
| Smålenene | | | • | | | 2 6 | 33 | 59 |
| Akershus | | | | | | 34 | 19 | 53 |
| Hedemarke | en | | | | | 6 | - | 6 |
| Kristians a | ımt | | | | | I | 5 | 6 |
| Buskerud | | | | • | | 20 | 16 | 36 |
| Jarlsberg (| og | La | rvi | k. | | 38 | 12 | 50 |
| Bratsberg | | • | | | | 23 | 2 | 25 |
| Nedenæs | | | | | | · 2I | 6 | 27 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | 169 | 93 | 262 |

5. Den bredeggede type. (Müller 64-69. R. 20).

Findes i Norge som før nævnt kun i flint. Hovedsagen er ved sidesnittet nakkens tykkelse, der tillige er maximum ved sidesnittet. I frontsnittet er det den karakteristiske udsvingning ved eggen, som gir typen navn. Såvel slanke (fig. 21, Müller 64) — som svære (fig. 22, Müller 65) findes. Dog er materialet ikke særdeles stort. Årsagen til, at her ikke forekommer bergartøxer blandt denne type, er avgjort ikke alene den, at bergarter lidet egner sig til fremstilling av den udsvingede egg. Vi ser dog de mest kunstfærdige former i den henseende blandt skafthuløxerne. Snarere er årsagen ligefrem den, at importen av flint som folge av de stigende forbindelser er bleven stor nok til at opretholde typen i flint alene. Dette har betydning. Ved den bredeggede type træffes ofte kun slibning av eggpartiet alene.

Antal og udbredelse:

| | | | | | 45 |
|----|------|-----------|---|-----|--------|
| | | | | | 24 |
| | | ٠. | | | 4 |
| ıt | | | | | 3 |
| | | | | | 16 |
| ςΙ | _arv | ik | | | ΙI |
| | | | | | 11 |
| | | | | | 5 |
| | | | 1 | ile | |
| | nt | t . Larv | t | t | tarvik |

Tidsforhold.

Ovenstående gjennemgåelse viser nu i korthed, at det sydøstlige Norge eier alle de stenaldersformer av ledetyperne, der karakteriserer dansk og svensk yngre stenalder. Der spørges nu naturligt, om der herav lader sig slutte noget med hensyn til inddelingen av den tid, yngre stenalder i det nævnte felt indtar. Udelukkende at bygge på det typologiske vilde ikke være tilstedeligt. Der matte støttepunkter til, der kunde bekræfte den typologiske



Fig. 21. Øx av bredegget type; flint. Ellinggard, Onso, Smal. (C. 2098. Orig. R. 20). Virkelig storrelse: 13,5 cm.

række som en kronologisk tillige. I nogen grad får man dog sådanne av det danske og svenske materiale, hvor kronologien ved gravformerne og endel samlede fund er godt funderet. Noget sådant eier vistnok ikke Norge; men der er megen sansynlighed for, at når typerne således gjenfindes led for led, så må de ha fulgt efter hinanden på samme måde i Norge som i Danmark-Sverige. Dette er tydeligvis vel begrundet i de faktiske forhold, idet

den tiltagende udvikling av flintens anvendelse må stå i forbindelse med sydligere indflydelser. Og da har man altså dette forhold 1 :

| | | | | | | | sten | flint |
|-------------|-----|----|---|--|-----|---|------|-------|
| spids-bredn | typ | e | | | 132 | 9 | | |
| tyndnakket | typ | эe | • | | • | • | 99 | 130 |
| tyknakket | | | | | | | 105 | 182 |
| bredegget | | | | | | | 0 | 131 |

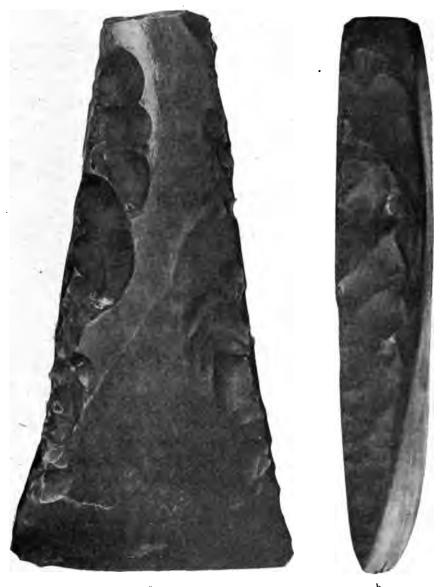


Fig. 22. Ox av *bredegget* type; flint. *Dale*, Torvestad, Stav. (C. 20224).

Virkelig storrelse: -16,5 cm.

¹ Tallene indbefatter her tillige meisler av de pagjældende typer,

Nu foreligger som kjendsgjerning, at der ikke forekommer flint på naturlig måde i Norge (kap. III), men at av flinten praktisk talt hvert eneste kg. er indfort og da fra Halland-Skane-Danmark. Konsekvensen blir en stigende indflydelse led for led. Dette er det ene punkt, der taler for en ligefrem overførelse av Danmark-Sveriges kronologi for yngre stenalder til det sydøstlige Norge.

Hertil kommer et næste punkt. Det vil bli nærmere omtalt i kap. V, at den tyknakkede og bredeggede type samt skafthuløxerne har et større, videre udbredelsesområde, navnlig idet de trænger længere ind til hjertet av landet, til de store dalfører, end den spidsnakkede, brednakkede og delvis den tyndnakkede types øxer. Dette antyder deling ved den tyndnakkede types tid. Det støtter altsa utvilsomt den opfatning, at der findes en tidsforskjel mellem de norske øxer tillige.

Men længere kan vi ad denne vei ikke nå. Det vilde neppe kunne forsvares alene på denne basis at inddele den yngre stenalder hos os, endskjønt det kunde synes meget rimeligt. Her får arkeologien en uventet hjælp av geologien.

Det var dr. Hansen, der først bragte dette værdifulde moment ind i undersøgelsen. På grund av en del urigtige opfatninger av arkeologiske forhold har imidlertid dr. Hansens bestemmelser trængt til en revision. Med prof. Brøggers undersøgelser er der kommet klarhed ind i disse forhold. Og det er utvilsomt, at arkeologien her ganske må bygge på geologiens undersøgelser.

Betragtningen grunder sig på kjendskabet til hævningens historie i vort land. Og heldigere kunde det neppe været, da man i de sydligere dele av Sverige og Danmark ikke har havt på langt nær en så betydelig stigning som i det sydøstlige Norge, hvorved bestemmelserne kan detaljeres skarpere end i hine lande. Det er da først og fremst av vigtighed, at ved hjælp av nivåerne lar sig meget bestemt udskille bopladserne fra Norges stenalder; disse er pavist at tilhøre en bestemt strandlinje, der ved Kristianiafjordens bund falder ved 70 m. o. h. og ved fjordens ydre dele ved 45 å 40 m. o. h. Dette er et avgjorende hovedpunkt. Det er nemlig av prof. Brøgger påvist, at disse bopladser og derhen hørende redskaber ikke nogetsteds falder under denne strandlinje. Hermed er bevist, at disse bopladser, denne stenalderskultur — hvis man skal isolere den ved et sådant navn — tilhører et bestemt avsnit av hævningen. Hvad der ligger under denne linje, er yngre. Denne konsekvens er det andet avgjorende hovedpunkt.

Man kan ikke indvende, at materialet er for lidet, eller lignende. Man kan blot kaste et blik på det kart, hvorfra disse opgaver er hentede¹, og

¹ Kartskisse pl. I i prof. Brøgger: Strandlinjens beliggenhed under stenalderen.

man vil overbevises om, at dette er en fastslået kjendsgjerning, som fremtidige fund blot vil bekræfte.

For at nå videre på denne vei må der da gjøres følgende reservation: det er fastslået, at på de nævnte stenalders bopladser findes med sikkerhed blot materiale av en bestemt art, nemlig øxer av Nøstvettypen som ledetype. Alt hvad der findes udenfor disse av stenalderssager, må altså arkeologisk tilhore et andet avsnit, hvormed altsa ikke a priori udtrykkelig kunde påståes, at dette andet kulturavsnit nødvendigvis måtte være tidsforskjelligt. I konsekvens av det ovenfor sagte vilde det da være avgjørende for en tidsbestemmelse, om en del av disse udenfor bopladserne fundne tusener av sager er fundne under strandlinjen for disse ældste bopladser. Det er selvsagt, at man kun måtte vente dette av en del av disse sager, - ti alle er dog ikke nedlagte ved strandlinje! Det bevises jo bl. a. av indlandsfundene. Nu viser dette sig virkelig at være tilfældet. En god del av disse udenfor bopladserne fundne sager er fundne meget lavere end denne strandlinje. Hermed er fastslaet, at de tilhører et senere avsnit av hævningens historie end bopladserne. Og dette er det andet ovenfor nævnte hovedpunkt. Ti dermed er tilveiebragt et grundlag for sikker kronologi, som ikke kan vurderes høit nok. Med fem eller ti øxer fundne lavere end den nævnte strandlinje vilde intet være sagt. Men der er hundreder.

Nu kan konsekvensen trækkes, og vi kan ombytte udtrykkene og si: geologisk er der ved hjælp av de arkeologiske kjendsgjerninger påvist, at bopladsfundene i sydøstlig norsk stenalder er ældre end de talrige enkeltfund av andre typer.

Jeg har ovenfor forsogt at vise, at man *uden arkeologiske teorier*, men *med arkeologiske kjendsgjerninger geologisk* kan tilveiebringe grundlag for kronologi¹.

Lad os så gå videre med prof. Brøgger i hans undersøgelser. Lad os anta, at prof. Brøgger ikke havde kjendt rækkefølgen av spidsnakket, brednakket o. s. v. i Danmark-Sverige, men at en arkeolog havde forelagt opgaver over, at der i det sydøstlige Norge fandtes fem forskjellige typer, der ikke var ordnede i noget tidsforhold, – og der spurgtes, om der ved nivåbestemmelser kunde tilveiebringes nogen deling. Da var der kun arkeologiske kjendsgjerninger, ikke teorier. — Av den spidsnakkede types øxer, av den brednakkede, tyndnakkede, tyknakkede og bredeggede blev

¹ Dr. Hansen har imidlertid som allerede nævnt uden videre overseet betydningen av alle de enkeltfund, der er gjort udenfor bopladserne. Han har faet dem til kronologisk at passe med bopladserne. Uholdbarheden av dette er ioinefaldende. Hvis dr. Hansen herpå skulde svare, at han har delt enkeltfundene mellem import og bronzealdersfolket, da henviser jeg til behandlingen av dette ovenfor. Uholdbarheden av en sådan "deling" er i virkeligheden endnu større.

der så udtat de lavtliggende, og disse blev nærmere bestemte. En række kunde da efter hoidetallene opstilles, og den viste,

at de lavestliggende spidsnakkede og tyndnakkede over lå hoiere end de lavestliggende tyknakkede og bredeggede (samt skafthulover og dolke). Da står der blot tilbage ræsonnementet vedkommende fundene. Av 170 tyndnakkede øxer fandtes 23 lavtliggende, hvilket udgjør 13.5 % av det hele antal! Når man betænker, at der gis mange indlandsfund, er tallet relativt ganske høit. — For de øvriges vedkommende er sex fund sikre, øvrige 40 muligens enkelte usikre, men dog støttende nivåbestemmelserne for de sex sikre. Der kan således ikke gjøres nogen indvending mod slutning på basis av dette relativt rige materiale. Og slutningen blir da, for vor rækkefølge av øxer, at

geologisk er det bevist, at den spidsnakkede og tyndnakkede type tilhører et tidligere avsnit av hævningen end den tyknakkede og bredeggede type, og i følge med disse en række andre former. M. a. o. den udvikling av flintøxrækken, der for Danmark og Sveriges vedkommende er bragt i sikker forbindelse med andre kronologiske holdepunkter, er for det sydøstlige Norges vedkommende også bragt i forbindelse med et sikkert kronologisk holdepunkt. Og herved er rækken blevet en kronologisk brugbar typerække.

En så skarp deling som den, der for Danmark-Sveriges vedkommende er bragt i system, vil ikke herpå kunne bygges. Men der blir dog tale om en norsk kronologi, som her skal fremsættes. Sammenstilles de geologiske og arkeologiske kjendsgjerninger, vil vi få folgende række:

Geologisk (Prof. Brøgger)²

 I. Hævningen fra avslutningen av ældre stenalder (l. c. p. 208) til den tyndnakkede types tid (l. c. p. 223) omfatter et tidsrum, der ved Kristiania svarer til stigning fra ca. 55 m. til ca. 23 m. Arkeologisk spidsnakket brednakket største delen av tyndnakket.

II. Hævningen fra slutten av den tyndnakkede types tid og til slutten av den bredeggede øxes tid (skafthuløxer, dolke) omfatter et tidsrum, der ved Kristiania svarer til stigning fra ca. 23 m. til ca. 13 m. (p. 247).

tyndbladet tyknakket bredegget skafthuloxer etc.

Overensstemmende hermed får vi da følgende kronologiske system for yngre stenalder i sydøstlige Norge:

Denne opgave er hoist ufuldstændig; den blev imidlertid avgit prof. Brøgger av mig i mai 1905, da undersøgelserne til dette arbeide endnu var i sin begyndelse.

² Eksempelvis er kun her anfort tallene for Kristiania.

- 1. Hovedavsnit, omfattende øxer av den spidsnakkede, brednakkede og største delen av den tyndnakkede type. Det svarer geologisk til en hævning fra ca. 55 til ca. 23 meter ved Kristiania og fra ca. 36 til ca. 19 meter ved fjordens ydre dele (l. c. p. 278).
- 2. Hovedavsnit, omfattende endel oxer av den tvndnakkede type (3 β og tyndbladede), samtlige av den tvknakkede og bredeggede type og skafthuløxerne, samt (antagelig) hovedmassen af dolkene. Det svarer geologisk til en hævning fra ca. 23 til ca. 13 meter ved Kristiania by og fra ca. 19 til ca. 10 meter ved fjordens ydre del (l. c. p. 279).

Jevnsøres dette med Danmark-Sveriges yngre stenalders kronologi, vil sydøstlige Norges 1 avsnit svare til 1. og 2. periode, og 2 avsnit vil svare til 3. og 4. periode. (Montelius, Correspondenz-Blatt 1891 p. 100). — Dette er et smukt resultat av geologisk-arkeologiske undersøgelser. Fremtidige fund vil sikkerlig gi yderligere bidrag til en detaljering. —

Hermed er der tilveiebragt et brugbart kronologisk system for norsk stenalder fra den sydøstlige del av landet. Sætter vi nemlig den ældre stenalder til I, kan den yngre kaldes II, og hermed er opstillingen:

- I. Ældre stenalder. 1. Bopladser. Øxer av Nøstvettypen.
 - 2. Øxer av Nøstvettypen og butnakkede øxer 1.
- II. Yngre stenalder. 1. Øxer af spids-bred-tyndnakkede typer.
 - 2. Øxer av tyndbladede, tyknakkede, bredeggede typer etc.

Dette resultat overflødiggjør egentlig spørgsmålet om den absolute kronologi. Det forsøg, prof. Brøgger har gjort p. 283 l. c. på at udfinde en sådan, bygger ganske på Montelius' kronologiske data. Det er sansynligt, at udviklingen vil gi Montelius ret i hans anskuelser også om den absolute kronologi. Efter denne beregning skulde da Norge II, i svare til tiden fra noget efter 4000 f. Chr. og til ca. 2400 og II, 2 omtrent fra 2400 til ca. 1900 f. Chr. — Disse tal er naturligvis indtil videre hypotetiske. Men man må begynde at regne med den mulighed, at den tid ikke er fjern, da geologer og arkeologer må kunne ta disse spørgsmål op til behandling. — Indtil videre er den for det sydøstlige Norge vundne relative kronologi langt vigtigere.

¹ Her er ladt uomtalt nivåerne for den butnakkede type, da den tid, de indtar, ligger forud for yngre stenalder. Om nivåerne for denne type se den udforlige behandling hos prof. Brøgger.

B. Meisler.

Som ved de danske former av disse, lar der sig udskille ældre og yngre former (Müller 123-136), der må antas at svare til de former av øxer, der er gjennemgået. Der findes dog specielle norske varianter i bergarter, der frembyder megen interesse for detaljstudier.

1. Ældre former.

Også her kan, som ved de ovenfor gjennemgåede øxeformer, skilles mellem øxer av flint og av (andre) bergarter.

Av *flint* er *fem* stykker, der tydelig svarer til Müller 124, overensstemmende med tyndnakket type. Ingen tosidede (Müller 123) findes, kun firsidede.

C. 6783 er et lidet, därligt arbeidet stykke, der må antas at svare som meisel til tyndnakket type. Bjerke, Ullensaker pgd., Ak. (Ab. 74 p. 63).

C. 14389 swarer ganske hertil, er liden, uanseelig; gulgra flint, kun eggsleben, men har muligens været mere sleben. *Opstad*, Tune, Smal. 6 cm. lang. (Ab. 1888 p. 151).

Som Müller 124, men ikke fuldt sa smukt arbeidede, og kun eggslebne er C. 13331 fra *Tveiter*, Ullensaker, Ak. og C. 19391 fra *Stenhjornrud*, Borre, JL. (Henholdsvis Ab. 1887 p. 50 – hvor Rygh henforer denne til R 18, hvilket neppe er rigtigt — og Ab. 1899 p. 166).

Endelig er der et meget smukt exemplar, kun 7 cm. langt, i type svarende til 3 $A\beta$, av grähvid flint og helt slebet overalt. C. 13514 fra *Sætre* brug, Hurum, Bu. (Ab. 1887, p. 66).

Også formerne i sten er ganske mærkelige og fortjener særskilt omtale.

C. 2754 er et mærkeligt stykke. Det er en hulmeisel av sort skifer (?), meget godt slebet. Nakken er helt tilspidset og i frontsnittet går linjerne jevnt rundede ned til eggen, der er 3 cm. bred. Her er ved eggpartiet en mærkelig hulslibning, meget dyb. Stykket har i sidesnit ingen smalsider, men er jevnt tilslebet i en rund kant. Dets længde er 10.3 cm. F. på Nes, Loken, Holand, Ak. Der findes kun et stykke, der kan sammenlignes hermed. Men det synes at hore til den senere gruppe av meisler. Det er nævnt i Ab. 1895, p. 79 under no. 101: "Hulmeisel af sort skifer af aflang-firkantet tversnit, flad undtagen på det hulslebne parti, helt sleben. Eggen er, allerede i gammel tid, tvert afsleben. I baneenden er boret et lidet rundt hul, der måske er oprindeligt. Længde 10.6 cm. F. på pladsen Sætrang under Enger i Sylling s., Lier pgd., Busk. (C. 18079)".1.

Av helt uregelmæssig form er to stykker: C. 2232 er av en sort, muligens noget skifrig bergart, slebet godt ved eggpartiet og delvis forovrigt. I frontsnit har det en 3.5 cm. bred egg hvorfra linjerne går langsomt sammen mod den avrundede 1.7 cm. brede nakke. Det eiendommelige er nu, at linjerne ikke er jevne, men særlig på den ene side er indknebet omtrent ved midten. I sidesnit er en rundsleben kant, hvori bredsiderne modes; konturerne viser en maximaltykkelse nærmere nakkepartiet, altså nærmest som på en ox av butnakket type eller i a. Stykkets længde er 8 cm. Det er fundet på Ranmæs præstegård, JL.

C. 16242 av skifer, slebet, har samme form, dog noget uregelmæssigere, med en skjæv egg. Dets længde er 8.8 cm. Hemum, Tranby, Lier, Busk.

¹ I Berlins Museum f
ür Völkerkunde, pr
æhist, avd., findes en samling sorte, helt slebne skiferredskaber fra Wygfloden (i nordl. Rusland, prov. Olonez, avlob til det hvide hav), derav to hulmeisler, trinde med dyb hulslibning, hvorav den ene særlig minder om ovennævnte stykke.

Jeg ved intet at sammenligne disse stykker med uden den ox, som av dr. Arpi er behandlet i "Festskrift til O. Montelius" p. 50 fra Uppland. Ved de to nævnte stykker er der en større tilsmalning av nakkepartiet end den, Arpi avbilder. Fig. 6 og 7 i nævnte arbeide oplyser om brugen. Det er meget sansynligt, at noget lignende er tilfældet med de to norske stykker, hvor den indknibning, der er det karakteristiske ved dem, er intentionel. Også dimensionerne stemmer overens.

2. Yngre former.

Av *flint* findes her smukke exemplarer, hovedsagelig tilhørende to varianter.

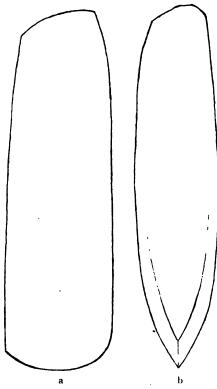


Fig. 23. Meisel av rødlig sandsten. Leirsund, Skedsmo, Ak. (C. 14456). [.

- a. Som R 18. Sytten tildels smukke stykker. Enkelte av helt kvadratisk, andre med normalt rektangulært tversnit. De fleste stykker udmærket arbeidede og smukt eggslebne; nogle stykker er helt elegante, idet de er slebne over alle flader. To stykker er tvermeisler, og to stykker er ved eggen hulslebne.
- 3. Som R. 5. 9 stykker. Av rektangulært tversnit, noget avsmalnende i frontsnit mod nakken. Som regel eggslebne, smalsiderne stundom slebne helt. To stykker er tvermeisler. Det tør antas, at endel av disse svarer til 5.

Av sten haves mange og gode stykker. De samler sig om en bestemt type, hvorav der haves varianter: Retmeisler, firsidede, med delvis sterkt hvælvede bredsider; overgangen fra bredsider til smalsider formidles og avrundes ved slibning. I frontsnittet findes ingen avsmalning mod nakken. Enten forfærdigede av sandstener eller av en blød, vekstenlignende bergart. Altid slebet over samtlige flader (fig. 23).

Særlig påfaldende er varianten i rød sandsten. Når man betænker, at sandstenerne i stenaldersøxerne yderst sjelden forekommer (kap. III), er dette så meget mere værd at bemærke. Jeg har tænkt på en naturlig og nærliggende årsag, som bekræftes av et mere specielt stykke: den røde farve er muligens intentionel og sigter da muligens til efterligning av kobberøxer eller meisler. Dette bekræftes av C. 14798 fra Præstebakke, Id, Smål., der i form, farve og den eiendommelige brydning i frontsnittet av linjerne aldeles ligner fig. 1 i Montelius Chronologie d. ä. Bronzezeit., en kobberøx fra Schlesien. Ligheden i farven beviser naturligvis ikke med sikkerhed, at stykkerne er efterligninger af kobberøxer.

I eggpartiet (frontsnit) varieres meget: der findes meget lidet buede og sterkt rundede og enkelte skjæve egge. Forøvrigt er varianterne ikke større, end at samme grundtype erkjendes i alle.

En fortegnelse over samtlige meisler er git bag 1.

C. Øxer av såkaldte arktiske typer.

Der findes i Universitetets oldsagssamling fra østlandske findesteder endnu et lidet antal øxer, der ikke har fundet plads i den ovenfor givne oversigt over typerækkerne, men som imidlertid for norske forhold har en særskilt interesse. Det er øxer, der hører til den av Rygh opstillede typegruppe R. 13-15, og som er opfattede som tilhørende en arktisk stenalderskultur. Vi står her ligeoverfor interessante eiendommeligheder ved norsk stenalder, der er langt fra at være udredede, og hvilke forhold kræver specialstudier og vistnok i anden retning end hidtil drevet, førend man kan få spørgsmålet helt løst. Det der her skal meddeles er blot et lidet bidrag til forståelse av sammenhængen og en antydning av, i hvilken retning jeg tror studiet må gå. Man kan ikke med nogen ret si, at der i de tidligere behandlinger, når undtages Ryghs og Montelius', har været tat hensyn til alle de forhold, som ved studiet af den arktiske skiferkultur nødvendigvis må tages i betragtning.

¹ Overalt i tabellerne senere i dette arbeide er meislerne opført under de respektive oxetyper.

De typer, hvorom der her er tale, er ikke typologisk behandlet noget sted, hvorfor en udtømmende bestemmelse har sine vanskeligheder at gi. Der må for det første gjøres opmærksom på, at der vistnok ikke blot er én type, men muligens flere. En exakt bestemmelse fordrer kjendskab ikke alene til det norske og svenske materiale, men også til det finske. Jeg kjender ikke på langt nær dette og kan derfor kun gi en bestemmelse i

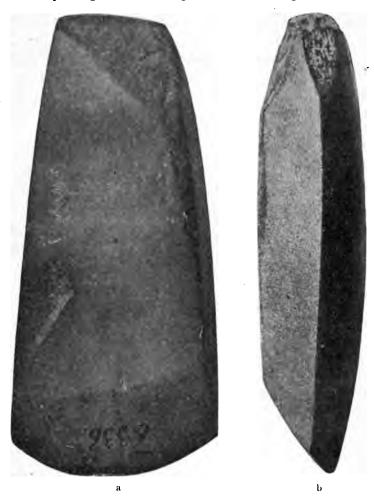


Fig. 24. Øx tilh. arktisk stenalder. Skifrig bergart. Bo, Sogndal, Stav. (C. 6336). Virkelig storrelse: 13,4 cm.

sin almindelighed, der ikke detaljerer, men gir rum for en senere mere detaljeret bearbeidelse.

Tveroxer, firsidede og av et mere eller mindre firkantet tversnit, ofte rektangulært. I frontsnittet sees en avsmalning fra egg til nakke, der kan variere. I sidesnittet fremtræder tvereggen som det væsentlige. Altid av "tætte" bergarter, som oftest skifrige. Vel slebne over alle flader, stundom

dog ikke skjulende ar efter tildannelse. Denne er som oftest hugning, aldrig tilstodning (fig. 24-25). Varianter findes både i størrelse, nakkeparti, smalsider.

At man heri må se kjendemærker for særskilte typer, der ikke finder sin plads blandt de gjennemgåede skandinaviske typer, vil ikke bestrides. Både typologiske forskjelligheder og udbredelsesområde er her avgjørende. Nærmere herom nedenfor. Allerede dette moment må vække tvil omrigtigheden av den nye hypotese for forklaringen av den arktiske stenalder, som nylig er fremsat gjennem konservator Schetelig. For at få et udgangspunkt skal derfor den nye opfatning kort belyses i forhold til den ældre.



Fig. 25. Ox av arktisk stenalder. Skifer. Kloven i Reisen, Trano, Tromso. (C. 6168. Orig. R. 13). Virkelig storrelse: 10 cm.

Prof. O. Ryghs teori, der fremsattes på arkeologkongressen i Stockholm i 1874 samtidig med Montelius' for Sveriges vedkommende¹, var i korthed den, at disse skiferøxer samt den store række *skiferspidser* og *knive* etc. ifølge sin geografiske udbredelse og typologiske karakter tilhører en egen gruppe, en egen kultur, der etnologisk ma henfores til et andet folk, end det, der repræsenterer den skandinaviske stenalderskultur. Med det voxende materiale og med den i de senere ar noget udvidede udbredelse modificerede Rygh senere denne teori, men fremsatte intet offentligt derom.

¹ Compte rendu, Congrès international, Stockholm 1874 l, p. 177.

Det eneste, der er publiceret herom, er av konservator H. Schetelig i beretningen om Vespestad¹, hvor et referat av Ryghs forelæsninger i 1895 citeres. Den ændrede opfatning gar i det væsentlige ud på, at »de arktiske former fra først af er skandinaviske og siden er blevet optaget af lapperne for hos dem at bli de eneste former for stenredskaber«. Schetelig anser denne opfatning for den, der »løser alle vanskeligheder«, mens dir. K. Rygh har endel indvendinger mod den og opretholder den ældre teori².

Det kan være av nytte at præcisere forskjellen mellem de to teorier, og dernæst vil jeg levere et bidrag til kritik av den uprøvede nye. Jeg vil på forhånd gjøre opmærksom på, at jeg ikke på nogen måde tilsigter nogen udtømmende behandling av det »arktiske spørgsmål«. Men jeg tror det nødvendigt for en fuldstændig sådan at opnå et mere sigtet grundlag, end den nye teori gir.

Uoverensstemmelsen mellem den ældre og nyere hypotese gjælder først indvandringsveiene og dernæst de etnologiske forhold. Av disse to momenter flyder så de øvrige, ikke mindre vigtige: typespørgsmål og hermed sammenhængende detaljer. Mens den ældre opfatning antog, at skiferspidserne og den hele arktiske gruppe var resultat av en indvandring fra nordøst og etnologisk måtte tilskrives lapperne, mener den nyere opfatning, at typerne -- gruppen -- er indvandret den regelmæssige vei, ad hvilken hele den norske stenalder forresten er kommet, fra syd mod Kristianiafeltet og vestlandet. Her skulde typerne være optat i senere tid av lapperne, fastholdt hos dem; og årsagen til de mange fund på nordligt område skulde netop være lappernes fastholden ved de saledes av dem adopterede former³. M. a. o. de fund, der hidtil har været kaldt arktiske og udelukkende dette, skulde nu deles mellem en skandinavisk og ikkeskandinavisk befolkning. Den omstændighed, at »typerne er oprindelig skandinaviske«, og dernæst antagelsen om, at lapperne senere skulde ha optat formerne, skulde da angi en omtrentlig geografisk grænselinje, saledes at alt av »arktisk«, der findes nordenfor det Trondhjemske, skulde stamme fra lapper, og alt søndenfor fra skandinaver. Her er, som jeg snart vil omtale, et kardinalpunkt ladet uomtalt, det er tidsspørgsmålet.

f Berg. Mus. Ab. 1901: 5 p. 12.

² "Spidser og Knive af Skifer". Kgl. Norske Vidsk. Selsk. Skrifter 1902: 3 p. 60 ff.

³ Dr. Hansen har i Landnam forkastet antagelsen angående lapperne og er ved sine undersøgelser kommet til et resultat, der gir bedre kontinuitet i udviklingen: Nøstvet-kulturen repræsenteres ifølge dr. H. av et anarisk tolk, det samme, der ved sin videre-vandring på vestlandet og nordover har udviklet de "arktiske" former. De etnologiske spørgsmal ved den nyere teori blir ved denne betragtningsmade vistnok mere forståelige. Men arkeologisk byder også denne forklaring vanskeligheder, der gjor, at den neppe kan antages. Uden at ville behandle den, indeholder dog de folgende bemærkninger i alt det væsentlige, hvad jeg har at si til den.

»skandinaviske« skiferspidstype eller øxetype er der av den nye opfatnings tilhængere ikke gjort rede for, hvilken tid typen tilhører. Og for lappernes overtagelse av formerne er der heller ikke angit nogen tid. Det må jo være klart nok, at dette er et væsentlig punkt. Endnu et må behandles. Det er materialet i de arktiske sager. Jeg går nu over til en foreløbig belysning av disse hypoteser; delvis for at underbygge mine slutninger om de 25 øxer fra østlandske findesteder, som gir anledning til dette avsnit.

1. Skiferspidser av arktiske former.

For at få nogen oversigt skal her i det væsentlige gjennemgåes fundene fra Danmark og det sydlige Sverige først av skiferspidser og dernæst av øxer¹. Vi vil da få et nogenlunde tilstrækkeligt grundlag for en kritisk belysning.

Særdeles betydningsfulde er for det første de fund, der foreligger fra *Danmark*; en oversigt har man i dr. S. Müllers avhandling i Ab. f. nord. oldk. 1896, p. 304 f.

- 1. Av umiddelbar interesse er den der (fig. 5) avbildede *skiferspids* fra en stenalders boplads ved *Valse vig* på Falster², der ganske tydeligt tilhører de typiske kjokkenmoddingers tid, altså ældre stenalder. Såvidt det kan sees av Ussing: Danmarks Geologi, pl. 3, findes på det nordlige Falster, hvor bopladsen ligger, kun løse overfladedannelser (moræneler). Skifer i fast fjeld findes ikke her. Dette er imidlertid ikke avgjørende for spidsens forekomst, da den baltiske isstrøm meget vel kan ha ført med sig skiferblokke fra nordøstlige områader, som altså nu kan findes i det løse dække her. Dr. S. Müller anmærker (l. c. p. 315) ifølge prof. Ussings bestemmelse, at bergarter ikke findes på stedet; det er derfor sansynligst, at spidsen er et importeret stykke.
- 2. Betydeligt yngre er den *skiferspids* (l. c. fig. 6), der er fundet i en jættestue på *Bornholm* og altsa tilhører yngre stenalders fjerde periode³. Formen på denne spids er som R. 83, mens den førstnævnte har været bredere og større muligens, som R. 86 eller 87, da agnorer nu mangler.

Fra det sydlige Sverige meddeles folgende fund, der kun gjør krav på omtrentlig fuldstændighed.

¹ Hornredskaber og kniver er endnu for lidet fixerede til at bruges som type-ledere. Jeg har derfor ikke tat dem med.

² Ab. f. n. o. 1892, p. 166.

³ Fra Tornegård, Bornholm. Vedel: Bornholms Oltidsminder p. 248, nr. 14.

- 3. Ved *Trelleborg* i Skåne er for lang tid siden fundet en *spids* av mørkegrå skifer, nærmest som R. 88¹.
- 4. En *skiferspids* fra Småland er fundet ved *Kransås* i Bålaryd sn., form nærmest som R. 87 med indhak². Hverken for denne eller flere av de følgende haves tidsbæstemmelser, da samtlige er enkeltfund.
- .5. I Mânadsblad 1874, p. 170 er fig. 77 avbildet en *skiferspids* fra Småland fundet ved fiskeri i *Gällaryd* sn.
- 6. Fra Kalmar län foreligger to skiferspidser av *almindelig form*, resp. 18 og 23 cm. lange 8.
- 7. En *pilespids* av skifer kjendes fra »*Pyslingebacken*« i Torshamns sn. i Blekinge⁴.
 - 8. Fra Ytteroen i samme s. kjendes en rodbrun skiferspydspids⁵.
- 9. Av sortgrå skifer er en *pilespids* fra *Hjortehammar* i Torkärla sn., Blekinge⁶.
- 10. I Berlins Museum für Völkerkunde, præhist. avdeling, findes en skiferspids av trekantet tversnit, uden modhager, ca. 8 cm. lang, fra Østra Oderslöf, fra Skåne (?). (Mærket VI c. 270).
- pilespids av skifer, som overlærer Hansson fandt på bopladsen Gullrum på Gotland. Vistnok findes ikke skifere på Gotland, men der er intet iveien for, at der kan findes løse blokke derav i det av den baltiske isstrøm avleirede materiale på øen. Bopladsen er med hensyn på datering noget vanskelig at udrede; av geologiske grunde er den sat til ældre stenalder av Hansson; hermed stemmer også meget vel en del av det fundne materiale. Det er altså av vigtighed, at vi på denne made får to fund fra sydligt område av skiferspidser, som tydeligt tilhører ældre stenalder.
- 12. Dateret er også det storartede *Vesterbjers*fund i Gothem sn., Gotland⁹, hvor ikke mindre end *otte skifers*pidser blev fundne sammen med spidser av ben o. s. v. ved et skelet; skjønt gravformen ikke er avgjort

¹ Månadsblad 1874, p. 17. *Montelius*: Staten's historiska museum. Stockh. 1901 (i de følgende noter citeret St. H. M.) p. 34.

⁹ Montelius St. H. M., p. 12: 48 Λ.

Findes i Statens historiska museum i Stockholm. Er ikke nævnte i St. H. M. Jeg har dette fra min notisebog.

⁴ St. H. M. p. 12: 56 E.

⁵ St. H. M. p. 12: 60 A.

⁶ L. c. p. 12, 60: B. Mánadsblad 1874 p. 170.

⁷ Svenska fornminnesför, tidskr. 10, p. 8. Montelius St. H. M. p. 14: 67 A.

⁸ Kjellmark har i Öfversigt af Sveriges stenaldersbopl., Ymer 1902 henført Gullrum til 1 per. av., yngre stenalder. Det forandrer lidt, men ikke meget på den i det folgende givne fremstilling.

⁹ St. H. M. p. 15: 67 D samt Manadsblad 1887, p. 110.

ved fundbeskrivelserne, er det tydeligt, at det hele hører til yngre stenalder, — dog ikke umuligt fra tidlig del av denne. Montelius slutter av dette fund, at skiferspidsen tilhører yngre stenalder; at dette ikke kan være så, fremgår av de allerede nævnte fund fra Falster og Gullrum, samt fra flere av de efterfølgende fund.

- 13. Der kjendes fra *Oland* en *spydspids* fra Abbantorp i Högsrum sn. Også fra *Vermland* og *Nerike* foreligger *to skiferspidser* ¹. Endelig kjendes en lignende fra Østergötland. Vi kan bortse fra de østligere dele av Sverige længer nord og fortsætte med *Bohuslån*, hvorfra der kjendes
- 14. to skiferspydspidser, der er fundne ved Lysekil². Ligesom de talrige andre fund er også dette et enkeltfund, hvorav ingen datering kan fastsættes.

For Norges sydøstlige del er fortegnelsen fuldstændig i K. Ryghs citerede arbeide p. 5 ff. Antallet av fundne spidser er her 24, enkeltfundne. For vestlandets vedkommende vil jeg først pege på den påfaldende mængde fra Jæderen, ialt 23 stykker, og herav flere fra bopladser. Særlig vigtige er fra vestlandet imidlertid til datering de to bopladser, den ene fra Jæderen, den anden fra Bømmeløen.

- 15. Prof. Gustafson fandt pa *Holcheien* boplads blandt tydelige ældre stenalderssager *tre skiferspidser* ³.
- 16. Nordenfor denne boplads, på den sydlige del av Bømmeløen fandt konservator Schetelig pa *Vespestad* ved tidligere gravninger tre og sommeren 1905 tre, tilsammen *sex skiferspidser* ⁴. Dateringen av denne boplads, som jeg nedenfor kommer tilbage til, er ikke tvilsom. Alle forhold stemmer med ældre stenalder.

For øieblikket behøves ikke at gå længere nordover. For samtlige norske fund henvises til K. Ryghs arbeide og særlig oversigten p. 51. Vi kan resumere det sikre av disse fund: for det første er det utvilsomt, at skiferspidsen som form stammer fra ældre stenalder (Falster, Gullrum, Holeheien, Vespestad). Men dernæst er det ligeså utvilsomt, at formen forekommer i yngre stenalder tillige (Vesterbjers, Bornholm). I streng forstand er altså skiferspidsen ikke ledetype, hvad tidsforholdet angår. Dette er det første vigtige moment. Det andet bringer os ind paa kjernepunktet. Vi må indtil videre bortse fra enkeltfundene i Danmark—sydlige Sverige

 $^{^1}$ Montelius St. H. M. p. 15: 69 A, 73 A og 78 B.

² St. H. M. p. 13: 66 U.

³ Berg. Mus. Ab. 1899: 1 p. 17 c, p. 19, II b; samtlige avbildede fig. 1-3, p. 18 sammesteds.

⁴ Berg. Mus. Ab. 1901: 5 fig. 3 og 1903: 3, p. 17. Berg. Mus. Ab. 1905: 4, p. 23, litr. n-p.

og Norge, og gå ud fra bopladserne, for så at stille det spørgsmål: er skiferspidsen arbeidet på bopladsen sammen med de øvrige sager? Hvis den det er, kan det da med rette derav og av enkeltfundene sluttes, hvorvidt formen er skandinavisk? Så begrænset må spørgsmaalet indtil videre stilles for at være på sikker grund.

Hvad Falster-bopladsen ved Välse vig angar, da har dr. S. Müller formodet, at spidsen er indført nordfra. Hvorvidt dette er sansynligt, vil best fremgå av det følgende. Av materialet på stedet lar det sig naturligvis heller ikke avgjøre, om spidsen er tildannet her. Det lille gran skifer, der skal til for at hugge eller tildanne en eller flere sådanne, kunde vel nok have været tilveiebragt av løse blokke i jorddækket, idet disse høist sansynligt kan findes på Falster, der ligger midt i løbet af den store baltiske isstrøms retning, hvorved skiferblokke fra finske områder kan være transporterede hid. Man skulde imidlertid kunne ha ventet sig skiferavfald på bopladsen; såvidt det kan sees, er sådant ikke fundet her. Men det kan naturligvis ikke bevise, at stykket ikke er forfærdiget her. Nogen avgjørelse kan der neppe nåes alene på denne måde.

Indtil videre kan vi betragte Gullrum-bopladsen. Den frembyder i mange henseender megen interesse. For en udenforstående at foreta nogen udredning av de på denne boplads fundne sager lar sig naturligvis ikke gjøre. Jeg vil blot fæste opmærksomheden ved enkelte punkter her. Av interesse er det, at her mangler flintespaltere, da dog flinten forekommer på bopladsen. Det er uvist, hvor stor betydning dette punkt kan ha. Oplysende er fremfor andre ting de harpunspidser, der er avbildede hos Hansson fig. 6 og 7. Efter dr. Sarauws udredning av denne form¹ ved vi, at den i almindelighed er dannet av ribben av større hovdyrarter og oprindelig stammer fra palæolit, men har holdt sig gjennem den neolitiske tid et stykke. En ledetype i tid er den derfor ikke udenfor dens rent almindelige henføren til ældre stenalder. Men den har ganske betydelig interesse i en anden hen-Stykkerne fra Gullrum er av elgsdyr og er utvilsomt fra senere tid end Maglemosestykkerne2; allerede formen antyder altså et sammenhæng sydover for bopladsens vedkommende. Udover dette kan der ikke sies noget videre. - Jeg vil imidlertid særlig gjøre opmærksom på det forhold, at denne harpunspids og de øvrige, Sarauw omtaler, i sin udbredelse - foruden i det øvrige kontinentale Europa - kun holder sig ved Ostersjøens sydlige kyster og går ikke - hvad der er det væsentlige -ind i Sverige. Av Sarauws form fig. 27 er intet exemplar fundet i Sverige, endnu mindre da på boplads der. Av formen fig. 28 er fundet

¹ Maglemosefundet i Årb. f. nord. oldk. 1903. p. 245 f.

² Sarauw l. c. 257, note 1.

et stykke fra Skåne (l. c. p. 246). Av formen fig. 30 er enkelte stykker fundne i torvmoser i Skåne (l. c. p. 250); særskilt interesse har denne form, da den tydelig ifølge Sarauw følger Østersjøen til den finske bugt. Dette enkelte træk ved Gullrum peger altså tydeligt mod Østersjøens kyster, og når hertil kommer, at harpunspidsen tillige ikke findes udenfor det sydlige Sverige¹, synes en antydning at findes, om hvilken jeg strax skal tale. Jeg skal kun et øieblik fæste opmærksomheden ved den fiskekrok (av en syinetand), der er avbildet fig. 8 hos Hansson. Formen og fremgangsmåden er av Sarauw udredet l. c. p. 260: Den nedre del av en rørknokkel blev gjennemboret med et lidet hul, og herfra flækkedes stykket op. Sarauw henfører metoden til ældste tid og påviser, at den er bevaret i neolit lige ned til Schweizer-pælebygningernes tid. Mærkelige er oplysningerne om, at denne metode forekommer på en krok fra en yngre stenalders boplads mellem Moskva og Nischnij Novgorod; endvidere finder Sarauw tilknytningspunkter til Ost-Preussen. Fra Sverige iøvrigt vides de ikke at forekomme. Til slut vil jeg pege på et forhold, der synes mig av betydning: på Kjelmesøbopladsen ved den norsk-russiske grænse er fundet en harpunspids av rensdyr (Rygh i Stockholmskongressens beretning l. c. fig. 26), ganske av samme form som den omtalte hos Sarauw, der havde estlig udbredelse. Og nogen styrke får denne antydning av, at der her er en sammenhæng tilstede, ved den fiskekrok - også av rensdyrhorn - der er fundet på Kjelmesøbopladsen og arbeidet sammesteds (se fig. 27); denne synes tildannet ved en fremgangsmåde, der minder om den med det lille hul, omendskjønt metoden her må være misforstået.

Så meget udenom syntes det rigtigt at gå for at få rede på forbindelserne ved denne vigtige boplads her på Gotland, hvor en skiferspids er fundet. Den lerkarornamentik, der findes sammesteds, vil selvfølgelig endnu klarere avgjøre forbindelsesspørgsmålet; av de tå avbildninger, der findes, lar dette sig ikke gjøre. Ligesom på Falster findes her — som nævnt — ikke skifere paa Gotland; men samme ræsonnement, som der er gjort gjældende for Vålse-vigs vedkommende, kan også her føres. Vi kan altså ikke ad den vei få oplysning om, hvorvidt spidsen er tildannet på stedet. Endnu et moment fortjener opmærksomhed. Gullrum har tydeligvis ingen forbindelse med de øvrige skandinaviske bopladse — særlig kjøkkenmøddingerne, hvor spalteren er dominerende.

¹ En undtagelse danner en spids som Montelius 53, hvorom Sarauw bringer interessante oplysninger; den er fundet i Dalsland, nær Venerns udløb i den tørlagte Hästfjord, hvor ældre stenalders boplads tillige er fundet. Benspidsen selv er dog ældre. Sarauw l. c. p. 257.

Av de to ovenfor nævnte bopladse: Vålse vig og Gullrum alene kan der tydeligvis ikke sluttes noget om, hvorvidt skiferspidsen som form er skandinavisk eller ikke. Selv om det kunde vises, at de var forfærdigede på stedet, så var jo hermed intet bevis tilveiebragt for eller imod, ialfald langt fra avgjørende.

Det kan dernæst ha betydning at undersøge de næste bopladsfund for skiferspidsen, Holeheien og Vespestad. M. h. t. den første av disse er der ikke tydelige momenter tilstede, der tillader at forbinde den med andre forekomster. Angående de lerkarskår, der ved prof. Gustafsons omhyggelige gravning på stedet fremdroges, er det ikke muligt at bestemme avgjørende, enten de danner lerkar tilhørende Müller no. 224 eller 42 (!). Øxematerialet er lidet og ikke sikkert bestembart. Det tor dog sies, at bopladsens karakter, særlig flintfabrikationen for en stor del peger sydover. Mærkeligt er det imidlertid, at spaltere savnes, på dette tilmed ganske rige flinteområde.

Bopladsen Vespestad på Bømmeløen frembyder et træk av særlig interesse. Jeg har omtalt i »Oxer av Nøstvettypen«, at der er mange forhold ved bopladsen, der peger hen på østlandets ældre stenalder; særlig er det ikke tvilsomt, at øxer av Nøstvettypen forekommer her. Men desuden findes her en anden type av øxer, der er særdeles vigtig, og som i nævnte skrift ikke er forklaret, da den har voldt endel vanskeligheder at bestemme. Et godt exemplar er den avbildede, fig. 43, fremdraget ved forfatteren, sommeren 1905. Jeg kommer tilbage til den her strax nedenfor, men vil med det samme gjøre opmærksom på, at den ikke peger østover eller sydover, --at m. a. o. såvidt det sees, findes der på Vespestad - ved siden av elementer, der utvilsomt peger mod østlandets ældre stenalder - også forhold, der ikke gjenfindes på ostlandet. Hvor stor betydning dette moment nu har, kan jeg ikke for tiden overse, da det nødvendige materiale mangler mig. - Det kan nu tilsist nævnes, at der virkelig findes bevis for, at skiferspidsen er arbeidet på stedet på Vespestad, idet jeg under gravning isommer her, med konservator Schetelig, fremdrog et stykke skifer, endnu ubearbeidet, av ganske samme art som den, hvorav flere av da her fremdragne spidser er forfærdiget. Det kan altså ikke avvises, at formen er arbeidet her.

Efter denne udredning får spørgsmålet tas op igjen. Er det muligt av disse omstændigheder at konstatere skiferspidsens skandinaviske herkomst? Jeg mener nei.

Vi må først undta Gullrum, hvor der tydeligvis ikke var mange tilknytningspunkter til den skandinaviske halvø, så blir Falster-bopladsen tilbage. Men fra denne og til Vespestad—Holeheien er der et mellemrum, som ikke eier skiferspidser af de omhandlede former. Og spranget lar sig ikke forklare av enkeltfundene. Bortsees et øieblik fra disse, så blir der stående som hovedkjendsgjerning, at Danmark og delvis Sveriges vestkyst og Norges ostland eier et meget stort antal skandinaviske bopladser fra ældre (og delvis yngre) stenalder, hvor ikke en eneste skiferspids er fundet og heller intet skiferavfald, der kunde antyde brugen av denne bergart til sådanne. Det er særlig de danske kjøkkenmøddinger og de norske bopladser fra Kristianiafeltet og endelig de mange langs Sveriges vestkyst, som skulde gi os oplysninger. Hvis formen virkelig var skandinavisk, måtte den findes her. og det lar sig ikke skyde ud til »fremtidige fund«, at den ikke er fundet, Det er sandt, at på Sveriges vestkyst måtte det falde vanskeligt at finde skiferen, og kanske også i Danmark, men ikke i Kristianiafeltet. Og desuden vil jeg hertil bemærke: hvis stenaldersfolket havde brug for at fremstille den, så vidste de nok at skaffe sig skifere. Man erindre blot, hvorledes det i denne henseende er med flinten i det sydøstlige Norge (nedenfor kap. III), hvor praktisk talt hvert eneste kg. flint er indført. Og i Danmark, Skandinaviens stenalderscentrum, her skulde en skandinavisk form ikke være fundet! Man må huske på, hvad et jagtredskab som denne skiferspids måtte betyde; den må jo være fremstillet i mængder, hvis den var i brug her. Man tænke sig det store, dyrkede Danmark, hvor så at si jorden er pløiet på hver kvadratmeter, og her skulde en skandinavisk form ikke være fundet! Og så på det lille dyrkede areal i Norge, hvor der i de nordligste, fattigste landsdele er fundet hundreder.

Det synes allerede efter dette ganske urimeligt at ville forklare skiferspidsen som en skandinavisk form, siden kun en eneste spids er fundet inden Skandinaviens rigeste stenaldersområde, Danmark.

Og når man så medtar de enkeltfundne spidser, om hvilke man om flere ved, at de tilhører yngre stenalder, så blir forholdet ikke synderlig mere forklarligt. Med den yngre stenalders byttehandel er det vel forklarligt, at spidser er komne hid. Men de få fund beviser ikke nogen skandinavisk avstamning.

Andre forhold, som her skal berøres, viser nu også, at den ikke er en skandinavisk form.

Det første punkt, hvorpå jeg vil fæste opmærksomheden, er skiferspidsens form og tekniske eiendommeligheder. Særlig iøinefaldende er det forholdsvis slanke, retlinjede og regelrette ved dens form, noget som er fælles for alle skiferspidser. I forbindelse hermed er det særlig påfaldende, at den altid er slebet og finglattet. Erindrer man således, at den f. ex. på Vålse vig og Gullrum er fundet sammen med de primitive og tarvelige ældre stenaldersredskaber, hvor ingen elegance egentlig kan sies at være

fremherskende blandt det grove flintearbeide, da blir det påfaldende, at skiferspidsen synes så vel tildannet. Således heder det hos dr. S. Müller i den oftere nævnte avhandling (l. c. p. 313) om spidsen fra Vålse vig, at den er »omhyggelig glattet« (udhævet her). Her kan nu med engang sies, at «glatning» er et rigtigere udtryk for fremgangsmåden ved tildannelsen end slibning. Heri synes mig nemlig at være et kjernepunkt, at en sleben spids dårligt passer sammen med hugne flinter. Vistnok er slibning av bergarter en helt anden ting end slibning av flint; det er alligevel mere karakteristisk om Vålsespidsen at si, at den er glattet. Og endelig synes mig modhagen ved yngre skiferspidser at antyde rigtigheden av den hypotese, som her skal fremsættes: At skiferspidsen efter al sansynlighed skyldes en overførelse fra den ved forfærdigelsen av benspidser anvendte teknik til sten. - De sansynlighedsgrunde, som kan anføres for dette forholds rigtighed er allerede antydet. De er i korthed: materialet, formen og fremgangsmåden.

Det må indrømmes, at skulde stenen, — en eller anden bergarf, erstatte jagtpilen eller spydet av ben, måtte skiferen av alle bergarter egne sig best herfil. Ikke alene vilde i skiferen den fornødne slankhed opnåes, men den frembyder tillige den fordel, at den ved en ligefrem hugning lar sig tildanne med største lethed til netop den form, man ønsker. Som bekjendt kan man med enkle redskaber danne et stykke fast pladeskifer til hvilkensomhelst form; denne erfaring har sikkert et stenaldersfolk kunnet tilegne sig. Og dernæst har man kunnet sage og tilskrabe skiferen. Særlig fremgangsmåden, glatning av fladerne minder jo ganske bestemt om fremgangsmåden ved ben. Og bestyrkelse heri må man se i modhagerne, der specielt hører hjemme inden en «benkulturs» område. Bensagerne fra de aller-ældste nordiske bopladse, Maglemose o.s.v. — og endnu længere tilbage, i Madeleinetid i Mellem-Europa, er særlig karakteriserede ved modhagerne, som et folk, der overveiende nærede sig av jagt, måtte finde særlig heldige.

Rent teoretisk er det derfor på forhånd sansynligt, at skiferspidsen i sin almindelighed er en efterligning, en overførelse av benspidsen på sten. Ved et enkelt, særlig lykkeligt fund lar dette sig nu virkelig også bevise.

Om man nærmere betragter det stykke, der er fundet på Falster, i sin virkelige størrelse avbildet her fig. 27, vil man iagtta, at de ornamenter, som er løst indridset på begge sider av dette, ikke er tilfældige, men tvertom meget bestemte. Det falder ikke netop i øinene, da der tillige er linjer, som er fremkomne tilfældigt, ved slid etc. Først vil iagttas, at der i kanterne er indridsede med mellemrum trekantede ornamenter. Trods det noget forvirrede indtryk vil de tydeligt iagttas, når man først er bleven

opmærksom derpå. Videre vil man på undersiden av spidsen iagtta linjer, der krydser hinanden.



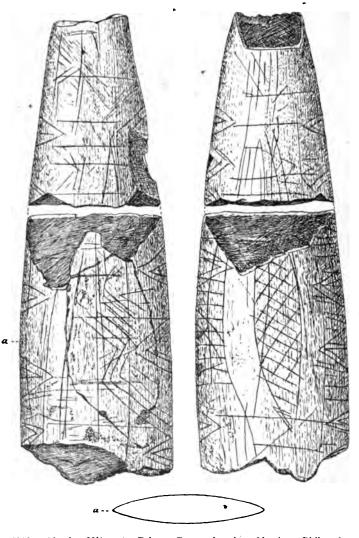


Fig. 27. Skiferspids, fra Vålse vig, Falster, Danmark. 1. (Ab. f. n. Oldk. 1896, p. 313).

At dette er et avgjørende bidrag til forståelsen av skiferspidsen, vil indsees av det følgende. Til en begyndelse kan sammenlignes det stykke, Sarauw har avbildet fig. 31 i sit nævnte arbeide. Det er en benharpun med flintegge, og da det for behandlingen her er av den største interesse,

avbildes det her fig. 28 seet fra begge sider. For det første vil det trekantede ornament tydelig erkjendes, her indridset på en fælles grundlinje; denne dannedes ved fig. 27 av selve spidsens kant. Også det bånd, der på skiferspidsen fra Vålse vig dannes av krydsende linjer, gjenfindes på benspidsens overdel, klarere udført. Allerede denne sammenligning taler

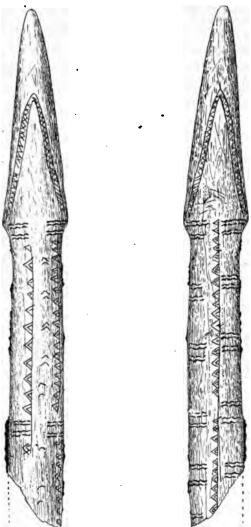


Fig. 28. Benharpun med flintegge fra Maglemose ved Mullerup, Sjælland. ‡. (Ab. f. n. o. 1903, p. 107).

meget for rigtigheden av hypotesen om skiferspidsen som en overførelse fra ben. Omstændighederne er imidlertid endnu gunstigere, idet jeg efter denne iagttagelse med nyt synspunkt har fremfundet flere og tydelige beviser for dens rigtighed.

¹ Den ene, av Sarauw ikke avbildede side, efter en skizze av prof. Brøgger.

Selve ornamentet, som altså er det vigtige, kan betegnes som en vinkel, et vinkelornament, sammensat av to omtrent under en ret vinkel sammenløbende linjer. I sine forskjellige variationer er det fremstillet fig. 26 (a-e), idet det kan udfyldes med en ret linje på tre måder (b-d); dernæst kan det udfyldes med en ny vinkel og danne en dobbeltvinkel. Endelig kan det sammenstilles og danne en fortløbende, mere eller mindre regelmæssig zik-zak-linje.

l sin enkleste form (a) findes det, som det senere skal sees, adskillige steder; dog ikke på de to nævnte spidser, der er udgangspunktet. På Falsterspidsen er varianterne a og e tydelige, på Mullerupspidsen er e det ordinære, dog forekommer også a og dertil enkelte av de øvrige. Vi kan altså med en gang slutte, at Falsterspidsen er en efterligning av en benspids, og ikke umuligt efter en større harpun. Ved siden af vinkelornamentet findes også et, bestående av hinanden krydsende skråstreger, der av og til sammenstilles til et bånd. At også dette ornament har havt sin betydning i rensdyrtiden og ældre stenalder i Norden, vil fremgå av det følgende.

På stykket fig. 7 i Müllers nævnte avhandling (Ab. f. n. o. 1896), er avbildet et sandstensredskab fra Bornholm. Ornamentet findes løst indridset også her. Stykket gir også ved sin alder den oplysning, at dette vigtige ornament på sådanne benkultur tilhørende sager hører til hele stenalderen, — noget som vil bekræftes nedenfor, idet det, som vi skal se, går temmelig langt ned i tiden¹.

Stykket fra Mullerup fig. 28 er ikke det eneste fra denne så overordentlig vigtige boplads, der gir bidrag. Sarauw har git en sammenfatning p. 276 i det nævnte arbeide. Det heder her: » I rensdyrtiden optræder også hyppig som ornament den i vinkler brudte linje, zikzaklinjen, der ligeledes vil bemærkes på et af de ældste redskaber, som kendes fra Norden, en i Jylland funden økse af rensdyrtak, der er prydet med et bånd af en let indridset, tredobbelt zikzaklinje. (Udhævelserne gjort av mig). Redskaberne fra Mullerup, der eier dette vigtige ornament, er da for det første det behandlede stykke, fig. 28. Dernæst en sømglatter (fig. 20 p. 226 l. c.). Videre et mellemfodsben av et rådyr, av et ubestemt redskab. På det her avbildede stykke fig. 29 findes en smuk sammenstilling av zikzaklinjen; det er et spoleben (nedre ende), formodentlig av elgsdyr. En netknytter, et ribbenstykke av et mindre dyr, har endelig også dette ornament (fig. 37 p. 267 l. c.).

¹ Jeg undlader ikke at bemærke, at stykker av samme form, men i ben, findes fra Grenland i Kristiania universitets etnografiske museum. Det forekommer mig at være en oplysning av betydning.

Særdeles interessant er det også at træffe zikzaklinjen sammenstillet av vinkelornamentet i sin enkleste form (a) på et spidst *benredskab*, av et rådyrs mellemhånds- eller mellemfodsben, fra *Klintesødyngen* på Sjælland ¹ (fig. 32).

Et andet overmåde interessant fund kan også omtales i denne forbindelse. I Brandenburg, Kr. Westhavelland er der ved *Fernewerder* på en righoldig boplads, særlig rig på bensager, fremdraget bl. a. det her meddelte stykke fig. 30². Det er en *benspids*, med et hul nederst, ornamenteret langs stykkets kanter med vinkelen i sin enkleste form (a)³.

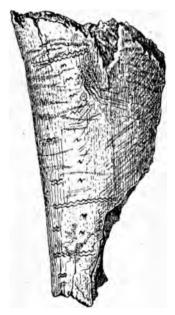


Fig. 29. Benstykke fra Maglemose (l. c. p. 277). 1.

Men dernæst forekommer et system av parallelt stillede skråstreger, som udfylder vinklerne. Også dette ornament kan forfølges. Sarauw har nævnt det (l. c. p. 276) og sier derom: »Mønsteret af parallelt stillede skråstreger i rækker, anbragte frit eller oftest begrænsede af sidelinjer, gjenfindes almindelig i rensdyrtidens ornamentik⁴, således på ribbensstykker af mammut fra bopladsen ved Predmost⁵ i Mähren og på adskillige ben-

¹ Affaldsdynger fra stenalderen p. 129, fig. 1. Det må efter udtalelsen her av C. Neergård antas, at dette stykke har andre analogier ved sit ornament.

² Efter en skizze av prof. Brøgger av originalen i Berlins Museum f. Völkerkunde.

³ Jeg kjender desværre ikke publikationen av Fernewerder. Den skal findes i Veröffentlichungen aus dem Museum für Völkerkunde i Berlin.

⁴ Udhævet af mig.

⁵ Much: Kunsthistorischer Atlas, taf. II, fig. 11 og 12.

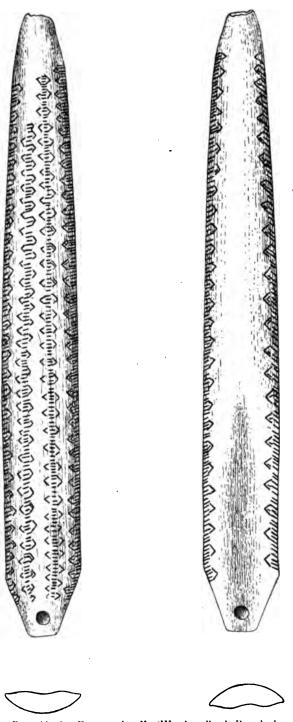


Fig. 30. Benspids fra Fernewerder, Kr. Westhavelland, Brandenburg. }.

redskaber fra hulerne i Kanton Schaffhausen: Kesslerloch ved Thayngen 1 og Schweizersbild 2. Selve formen av stykket her og særlig da det eiendommelige hul kan antagelig sammenstilles med en skiferspids fra Finland, som jeg ved dr. A. Hackmans velvilje kan meddele en avbild-

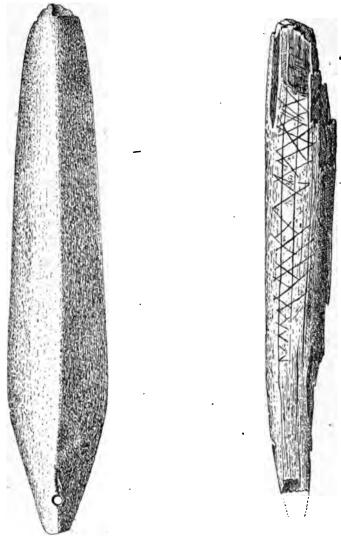


Fig. 31. Skiferspids fra Torneå, Uleaborgs län, Finland. 1.

Fig. 32. Benstykke fra Klintesø avfaldsdynge, Danmark.]. (Affaldsdynger p. 129).

ning av efter fotografi; fig. 31. Stykket er fundet ved *Torneå* i Uleåborgs län, altså helt nordligt. Om formen ikke helt er den samme som fig. 30, er mindre væsentligt; den er dog sa pas nær den samme, at den om-

¹ Mitteilungen d. Antiquar. Gesellschaft in Zürich. Bd. 19, H. 1, 1875, 40 taf. III-VI.

² Naesch: Das Schweizersbild, 1897, p. 307, taf. VIII, fig. 4.

stændighed, at den ligesom benstykket fra Fernewerder er gjennemboret nær enden med et *hul*, synes at berettige en sammenstilling ¹.

Jeg skal nu forfølge ornamentet lidt nordover og sydover, idet jeg dog gjør opmærksom på, at materialet vistnok er langt rigere, end jeg har kunnet, ved den mig sparsomt tilgjængelige literatur, fremfinde. Det er høist rimeligt, at exemplerne lod sig forflere i betragtelig grad. Dog er det her anførte i virkeligheden helt tilstrækkeligt til at støtte teorien.

At der på Gullrum boplads fandtes benspidser side om side med skiferspidser, er ikke uvigtigt. Så meget heldigere er det da, at her også er fundet en benkam, ornamenteret med vinkler i sin enkleste form, dannende en zikzaklinje (fig. 33).

Overraskende og interessant er fundet av en med vinkelornamentet prydet *skiferkniv* fra *Skånland* i Tromsø amt, Norge, avbildet fig. 34. Ornamentet er fremstillet i sin enkleste form (a) og danner tre tarvelige zikzaklinjer og muligens påbegyndelse av en fjerde².

Yderligere overbevisende er en *skiferspids* fra *Qvinsjo* i Dalarne, Sverige, med vinkelornament i enkelt zikzaklinje (fig. 35)³.

Flere beviser av indirekte art har man. Særlig har det interesse at forfølge benspidsen med ornamentet.

I første række står her en boplads fra Rinnehügel ved Burtnecker See i Livland, beskrevet af Graf Sievers og dr. Tischler . Her fandtes et avfaldslag bestående av muslingeskaller, fiskeskjæl, pattedyrknokler, lerkarskår, benredskaber etc. På denne boplads er nu fundet ved siden av en større mængde benspidser ialt tre skiferspidser, den ene av lerskifer, de to øvrige av glimmerskifer. Den ene er avbildet cit. pl. fig. 32 og er ganske analog med den benspids, der er avbildet samme planche fig. 31. Bopladsens alder er ikke nøiagtigt bestemt; men avgjort er det, at de ældste lag, hvori ben- og skiferspidserne er fundne, går op i en tidlig del av ældre stenalder, i en benkulturs tid . Også i andre henseender er fund av skiferspidser på dette strøg av en ganske særlig interesse. — Fra

¹ Muligvis er dette stykke identisk med det, der er avbildet fig. 24 i Aspelins avhandling om stenalderen i Finland. Congrès international, Compte rendu, Stockholm 1874, p. 292. Stedsangivelsen er der Nunikoski, Østerbotten.

² Ab. 1879 pl. X, fig. 60.

³ Stockholmskongressen, Compte rendu, p. 200, fig. 10.

⁴ Berliner Verh. 1874. Sitzung 17 okt. p. 14 ff. og Berl. Verh. 1875, Sitz. 16 okt. p. 14 ff., pl. XIV sammesteds. — Dr. Tischler i Schriften d. physikalisch-ökonomischen Gesellschaft XXIII, p. 29. — Katalog d. Ausstellung zum X archäologischen Kongress in Riga 1896 pl. I.

⁵ Den ene av skiferspidserne (den av lerskifer), er efter Tischlers oplysning fundet under avfaldslaget, ved siden av et skelet.

samme boplads findes et smykke av en dyreknokkel, der er ornamenteret med rette linjer, der støder sammen i vinkler. (Katalog etc. pl. I, fig. 7).

I Voss u. Stimming »Altertümer d. Mark Brandenburg« pl. 4, fig. 10 er avbildet en benspids fra Göttin bei Bornim, som fraregnet den lange tange er fuldstændig av form som R. 83 ell. 88 — kjølet og med modhager. Dette er også et godt indicium. Man vil forgjæves her i denne behandling imidlertid søge efter nogen gjennemført typologisk lighed mellem ben og skiferspidserne. Jeg har ikke fundet det nødvendigt endnu at foreta

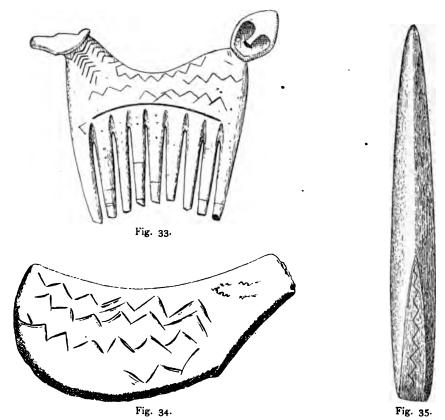


Fig. 33-35. — 33: Benkam fra Gullrum boplads, Gotland, $\frac{2}{3}$. (Sv. F. T. B. 10). — 34: Skiferkniv fra Skånland, Trondenes, Tromsø. $\frac{1}{2}$. (Ab. 79 pl. X). — 35: Skiferspids fra Dalarne, Sverige. (Stockholmkongr. 1874 p. 200). $\frac{1}{4}$.

sådanne sammenligninger av flere grunde. For det første er typologien for skiferspidserne selv ikke tilstrækkelig udredet endnu¹. Og dernæst vilde materialet blandt benspidserne visselig være overvældende stort. Jeg tviler ikke om, at når man først ser sagen fra denne side, vil man finde et godt og rigt sammenligningsmateriale, der vil vinde i værdi, når skiferspidsernes typologi foreligger. Men den vægtigste grund for mig er imid-

¹ Th. Winther har leveret en fortjenstfuld undersøgelse i Ab. 1877.

lertid vinkelornamentet, der er overbevisende. Dette vil indsees også av det følgende. Jeg nævner dog endnu et par exempler.

Gravfundet fra Gothem sn. på Gotland indeholdt foruden sex skiferspidser to benspidser, der i form stemmer nøiagtigt overens med skiferspidserne¹. Man vil ikke tvile om, at benspidsen er det primære.

Av en mere speciel, desto mere interessant overensstemmelse er forholdet mellem en skiferspids fra Ø. Oderslöf i Skåne, Sverige² og en benspids fra en mose ved Dnjepr, nær Kiew, Rusland³. Det avgjørende er nemlig her det trekantede tversnit av begge, en eiendommelighed, der er vel værd at lægge mærke til, av den grund, at den er almindelig på benspidser, men såvidt jeg ved uhyre sjelden på skiferspidser⁴. Med alt hvad arkeologien ved om bens og stens anvendelse, kan man ikke betvile, at det er benspidsen, der overalt er det primære. Jeg lægger imidlertid mindre vægt på denne ydre lighed, der overhovedet for at få nogen værdi kræver større specialstudier, og vender derfor tilbage til vinkelornamentet.

Som allerede Sarauw har gjort opmænksom på findes nu dette i en sand rigdom på benspidser fra *rensdyrtid* over hele *Mellem-Europa*. Et udvalg av gode stykker har jeg ladet avbilde her efter Hoernes »Der diluviale Mensch«.

Fra fransk Madeleinetid findes gode benspidser med vinkelornamentet fra *Dordogne*. Jeg nævner nogle exempler. På et *fugleben*, hvorpå et pattedyr er avbildet, findes en zikzaklinje smukt skåret ⁵. Stykket har en særlig interesse, fordi zikzaklinjen her muligens danner mindre et ornamentalt motiv, end en virkelig realistisk avbildning ⁶. Et udmærket stykke av rensdyrtak sammestedsfra har zikzaklinjen indridset i kanten, her i sin enkleste form, med vinkelhjørnerne udad ⁷. Indrammet mellem to rette linjer findes zikzaklinjen på et benredskab sammestedsfra. Exemplerne kunde forfleres ⁸.

Fra Kesslerloch bei Thayngen, Kant. Schaffhausen, Schweiz, er her fra Madeleinetid avbildet gode stykker. Fig. 36 er en spydspids av rensdyr ornamenteret med kraftige tredobbelte vinkler. Med enkelt zikzaklinje er

¹ Månadsblad 1887, fig. 51 p. 110.

² Opbevares i Berlins Museum f. Völkerkunde VI c. 270. Ovenfor no. 10.

³ G. de Mortillet: Musée préhistorique, pl. XLII, fig. 362.

⁴ Således findes i Berlinermuseet en *henspids* fra *lliinsk* ved elven Garemaja, Perm, Rusland, av ganske trekantet tversnit. (Meddelt mig av prof. Brøgger).

⁵ Reliquiæ Aquitanicæ pl. II B. fig. 2.

⁶ En analogi synes at forekomme i den ovenfor givne avbildning av benkammen fra Gullrum, hvor man muligens kunde opfatte ornamentet som noget avbildningen av hesten tilhørende.

⁷ L. c. B. pl. XVIII, fig. 1.

⁸ L. c. B. pl. XXIII, fig. 1. — Videre B. pl. XVIII, fig. 4 og fig. 5 etc.

stykket fig. 37 ornamenteret. Den dobbelt gjennemborede kommandostav fig. 38 er også ganske tarveligt ornamenteret med zikzaklinjer 1.

Fra en hule ved Wildscheuer bei Steeten an der Lahn, Reg.-Bez. Wiesbaden, Tyskland, er stykker med vinkelornamentet avbildet, fig. 39-40². Stykket fig. 39, ornamenteret med krydsende streger, et ornament, der ovenfor er nævnt også ved Falsterspidsen, er et brudstykke av en spydspids av elfenben, mens fig. 40, der er ornamenteret med dobbelte zikzaklinjer, er et spydspidsfragment av en fugleknokkel.

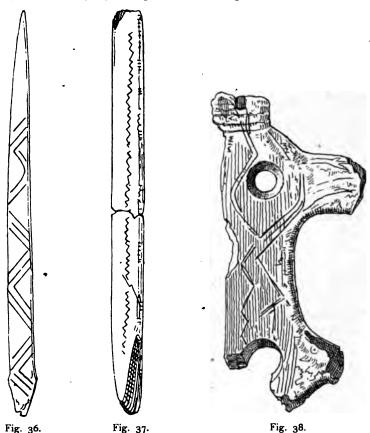


Fig. 36-38. Bensager fra Kesslerloch bei Thayngen. (Hoernes: Der diluviale Mensch p. 68 f. 36: benspids i 4. - 37: benspids i 4. - 38: fragm. av "kommandostav" i 3).

Fra Mähren er stykket fig 41, nemlig fra en Magdalenienhule Kostelik ved Mokrau⁸. De krydsende streger udgjør her ornamentet, mens spydspidsen fig. 42 fra Maszycka-hulen i Polen er ornamenteret med vinkelen i sin enkleste form, indrammet av en dobbelt, buet linje⁴.

¹ Hoernes, der diluviale Mensch pp. 68-69.

² L. c. p. 74.

³ L. c. p. 169.

⁴ I.. c. p. 177.

80

Resumeres de slutninger, der synes at måtte kunne drages av hele det ovenfor fremlagte materiale, er det for det første væsentligt, at vinkelornamentet, som således er forfulgt fra Frankriges, Schweiz', Polens og Mährens rensdyrtid, til Maglemose i Danmark, at dette ornament ved siden av krydsornamentet er det eneste, der forekommer på skifersagerne. Også båndet av krydsende streger støtter dette. Og omvendt er det så, at det også for benspidsernes vedkommende er dominerende. At begge disse ornamenter er anvendte ganske analoge på bensager og skiferspidser, er særdeles påfaldende. Det synes mig derfor, at det ovenfor fremlagte sammenligningsmateriale av ornamenterede skiferspidser og benredskaber må ansees tilstrækkelig bevisende for den slutning, at skiferspidsen er en overforelse (erstatning, efterligning) fra benspidsen.

Nu kommer dertil spørsmålene *mår* og *hvor* en sådan overførelse er foregået, og hvorledes denne slutning står i forhold til de arkeologiske områder. Inden jeg går over til dette, vil jeg få indskyde den bemærkning, at hvorledes det end kan forholde sig hermed, så er dette mindre vigtigt ligeoverfor det faktum, der i enhver fremtidig undersøgelse av disse spørgsmål må danne udgangspunktet: det, at skiferspidsen er udviklet av en benspids. Jeg kan ikke med samme sikkerhed som *dette* spørgsmål er besvaret, også avgjøre, hvor skiferspidsen er opstået, og hvilken rolle besvarelsen herav kommer til at spille i betragtningen av den arktiske stenalder.

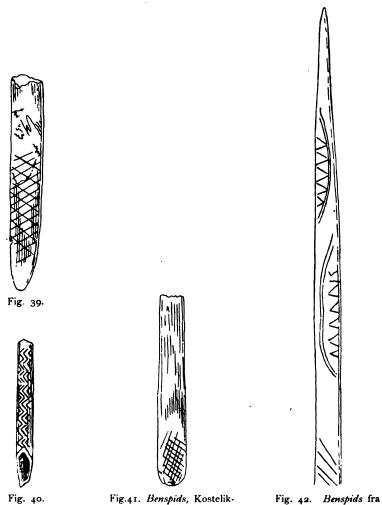
Spørgsmålet om *tidspunktet* for denne overførelse byder ikke egentlig nogle vanskeligheder. De to faste punkter er her *Falster*bopladsen og *Maglemose*; skiferspidsen må således *minst* være av samme alder som disse bopladser. I tilslutning til Maglemose kan imidlertid her nævnes endnu et avgjørende fund.

Ved Gärde i Sköns sn., omtrent 4 km. nordøst for Sundsvall, Sverige, fandtes i 1897 en skiferspids under meget mærkelige omstændigheder. Den er beskrevet av dr. G. Adlerz¹.

Ved omlægningen av en trætrappe opover en bakke fandtes, 90 cm. under jordoverfladen og på bunden av et uforstyrret lerlag, en skiferspids av form som Nilssons «Stenåldern» pl. V, fig. 61, eller omtrent som R. 86. Leren var efter bestemmelse av Adlerz, bekræftet av prof. de Geer, »östersjölera«, d. v. s. ancylusler. Stedets hoide over havet er 43 m. At der skulde foreligge en mystifikation, udelukker Adlerz aldeles; og ligeså usansynligt er det, at redskabet skulde være indkommet sekundært i leren ved udglidning. Der blir da ingen anden forklaring, end at stykket cr

¹ Geologiska föreningens förhandlingar, 1898, bd. XX, p. 87. — Ref. i Globus 1899 Bd. 1, p. 248.

sunket ned i leren under dettes avsætning, hvilket altså fører os tilbage til ancylustid, eller minst ligeså langt tilbage som Maglemose, sansynligvis længere. At spidsen er sunket ned i leren, er meget forklarligt og forståes vel, når man betænker det forhold, at så mange av de enkeltfundne



spidser i Sverige og Norge er fundne i sjø¹. Fundet er da et vægtigt bevis for, at skiferspidsen i tid gar tilbage til den ældste i Norden kjendte kultur, — den, der særlig er repræsenteret ved Maglemose — ældre end

hulen i Mähren. 1.

(Hoernes l. c. p. 169).

Fig. 39-40. Bensager fra hulen

Wildscheuer. Wiesbaden.

(39: Elfenbensspids, fragm. 3. -

40: Fugleknokkelspids. 3. Hoernes l. c. p. 74).

Massycka-hulen ved Oicóio

i Polen. 3. (Hoernes l. c.

p. 177).

Dette har særlig Montelius fæstet opmærksomheden på. Compte rendu du Congrès de Stockholm 1874. -- Også et benredskab er fundet i svensk ancylusler. (H. Munthe Öfv. af Kgl. Vet. Akad. Förh. 1895. No. 3).

kjøkkenmøddingerne, og tydeligvis i forbindelse med Europas benkultur. Om dette ikke end er avgjørende til datering af skiferspidsens første opståen, er det dog en vigtig antydning om formens ælde.

Vi kan altså indtil videre betragte det som sikkert, at overførelsen er foregået minst så tidlig som i en tidlig del av ældre (skandinavisk) stenalder. Jeg skulde ville tilføie, at det kan ansees sansynligt, at overførelsen står i forbindelse med den avtagen i benredskabernes brug, der tydeligt spores fra rensdyrtid til Maglemose og videre til kjøkkenmøddingerne. At besvare spørgsmålet om, hvor skiferspidsen er opstået, vil jeg for øieblikket ikke indlade mig på i detalj, da jeg ikke kjender materialet godt nok. En gjennemgåelse av den videre udbredelse vil imidlertid gi en antydning.

Foruden fra de ovenfor nævnte findesteder (Gotland, Livland, Falster, Bornholm), kjendes der skiferspidser i ikke lidet antal fra *Finland*. Herom oplyser Aspelins Antiquités du Nord Finno-Ougrien og A. Hackman i Fennia b. 17 (Trouvailles préhistoriques). Den store mængde av spidserne her er uden modhager, hvorom jeg kan oplyse ved en velvillig meddelelse fra dr. A. Hackman:

»Pil och spjutspetsar af skiffer med hullingar af typerna Rygh 83, 86 och 88 åro sällsynta i Finland. De få som blifvit anträffade, härstamma från fyndorter i norra Østerbotten, en från Karelen. Typen 87 (och liknande typer) äro något talrikare repræsenterade. Likaså äro här hittade alldeles smala pilspetsar eller prylar af skiffer som K. Rygh, Spidser og kniver af skifer fig. 11 (men smalare).

Fra Østersjøprovinserne iøvrigt kjender jeg på grund av manglende literatur ikke skiferspidser udenfor de allerede nævnte. Jeg antar imidlertid, at disse vil findes, når man først leder dem frem av fundene. Derimod findes adskillige benspidser på bopladser den hele vei nedover fra Østersjøprovinserne til Mellem-Tyskland. Udbredelsesområdet blir således væsentlig østligt, og hovedresultatet blir, at spidsen holder sig langs Østersjøens kyster til Finland. Herfra findes den hele veien til nordlige Sverige og Norge.

At stedfæste oprindelsen til skiferspidsen nøiere er da indtil videre uvæsentligt. Hovedsagen er, at vi efter alt at dømme kan følge den hele den angivne vei langs bopladser. Og vi skulde herav ha lov til at slutte, at skiferspidsen i det nordlige og vestlige Norge er at opfatte som en udløber av den nordligere og østligere udbredelse, — m. a. o. at den er vandret rundt langs Østersjøen til Finland og herfra til Norges og Sveriges nordligere dele, og for Norges vedkommende derefter sydover til høifjeldet i det centrale Norge og til havet i vest. Jeg anser det efter

dette ikke umuligt, at skiferspidsen kan være opstået ensteds langs Østersjøkysten, eller muligens syd for denne.

Kan nu denne antagelse bringes til at stemme med det, vi ved om den ældre stenalder? Jeg har allerede rørt ved det, som synes mig et hovedpunkt: at skiferspidsen hører til en »benkultur«, som et typisk jægerfolk har eiet. Og ved benkulturen og jægerfolket, der begge hører sammen og i tid går op til det ældste, vi kjender fra Syd-Skandinavien, kommer vi uvilkårligt ind på tanken om det folk, der med renens langsomme tilbagerykning mod de nordøstlige dele av Europa fulgte denne. Og er hermed sammenhæng tilsyneladende tilveiebragt, så er det vel forklarligt, at skiferbenspidserne ikke går over Skåne til det sydlige Skandinavien, men har gået den længere, østlige vei. Man har i sin almindelighed været enig om, at renens vandring nordover ikke er gået over Danmark—Skåne, men langs Østersjølandene til den botniske bugt og muligens over denne på isen (over Kvarken?) til Nordsverige.

Materiale til påvisning av dette foreligger. Således er det sansynligt, at renen i tundratiden og skovtidens begyndelse virkelig har levet i Danmark. V. Nordman har i »Danmarks Pattedyr« (Danmarks geol. unders. III række no. 5) i 1905 opført endel av de kjendte fund og trækker av disse den slutning, at rensdyret (cervus tarandus) har levet »sågodtsom over hele Danmark« (p. 47). Fra Sverige foreligger, fra 1894, A. G. Nathorst »Sveriges Geologi« p. 303, følgende: »Som fossila lemningar af renen utom i Skåne endast äro funna på Öland, nödgas man med Nilsson fortfarande antaga, at den vildren, som nu finnes på de skandinaviska fjällen, icke härstammar från den fossila renen i Skåne, utan at den förra i senare tid invandrat till norra Sverige norr om Bottniska viken eller på isen öfver denna från öster.« P. 306 samme arbeide sier prof. Nathorst: »Hvarföre renen icke spridt sig från Skåne till det öfriga Sverige, är en ännu fullkomligt olöst fråga.« Man har antaget, at dette spørgsmål er et klimatisk, og da er det en kjendsgjerning, at Øst-Europas klimat bedre har passet for rensdyret end det skandinaviske havklima. Efterhånden som isranden efter den sidste istid trak sig tilbage, fulgte rensdyret. Herfra at slutte til, at en befolkning har fulgt den, er måske ikke så dristigt, når det erindres, at renen i høi grad »binder« en befolkning. Og så er den kommet til de finske egne, og herfra er den draget over til de nordlige dele av Sverige og Norge, hvor den endnu findes. skal også findes ren i Ladoga-egnen endnu. Det turde således måske ikke være for dristigt at slutte, at skiferspidsen både ved form og udbredelse synes at vidne om, at den hele skiferkultur for en del er en direkte fortsættelse av benkulturen i Mellem-Europa under ældre stenalder.

Yderligere at detaljere denne hypotese er neppe for øieblikket tilrådeligt. Med et større materiale må det kunne la sig gjøre at bekræfte eller forkaste den. Spørgsmålet er nu, om hypotesen virkelig forklarer alle forhold? Dertil kræves også sigtning av det gjennemgåede.

For at Falster- og Bornholmspidsen fra ældre stenalder skulde kunne rimeligt forklares av hypotesen, må man erindre, at denne forsøgte at forbinde rensdyrkulturen med en senere arkeologisk periode, nemlig ældre stenalder i Østlige Europa og yderst ude yngre stenalder og kanske endnu senere tid i Finmarken—Lappland. Da et redskab av ben med fuldkommen analog ornamentik er fundet på Mullerup og efter al sansynlighed er dansk arbeide, er det ikke urimeligt, at også skiferspidsen fra Vålsevig kan være forarbeidet på stedet, ihvorvel det ikke er udelukket, at den kan være importeret fra et sydøstligere område.

Hvad Gullrumbopladsen angår, da synes mig allerede de få punkter, der ovenfor er omtalt, at pege østover. Skiferspidsen har således en meget god forklaring i forbindelserne her. Tiltalende synes det at forklare den arbeidet på stedet. Dette er jo ikke urimeligt efter det anførte.

Anderledes er det med bopladserne Holeheien og Vespestad på Norges vestkyst. Jeg har allerede ovenfor udtalt som et væsentligt moment ved Vespestad, at der findes en øxeform, der ikke har nogen synbar forbindelse med østlandet. Som jeg strax nedenfor skal omtale, synes dette moment at pege nordover, og ikke østover. Så underligt end dette kan lyde, er det efter min mening ikke destomindre sansynligt, at der virkelig findes et arktisk element i Vespestad; dette ytrer sig både i skiferspidsen og i den ene øxetype. Jeg anser det således tænkeligt, at det træk med rensdyret, der drog over eller nordenom den botniske bugt, er gået gjennem Sverige og Finland og videre til Nordland i Norge og her har havt en udløber i syd på Dovre-Langfjeldene ned mod Hardangervidden. At disse rensdyrmennesker også har søgt havet, kan da antas, siden deres møde med den fra øst fremtrængende ældre stenaldersbefolkning (»Nøstvetfolk«) har sat mærke efter sig i skiferspidsens forekomst på vestlandets kyst. Man erindre således Jæderens store procent (35 st. ifølge K. Rygh), og hele vestlandet lige til det nordenfjeldske har jo ydet ikke få fund. Det fortjener også at bemærkes, at et par fund av skiferspidser er gjort i fjeldene øverst i Valdres og Hallingdal (nedenfor kap. V). Dateringen for hele denne kultur på vestlandet fremgår tydeligt av Vespestad boplads, hvor der er fundet øxer av Nøstvettype. Vi tør derfor anta, at allerede i ældre stenalder er dette træk fra nord foregået, der altså er at betragte som sent led i den store vandring, mennesket foretog fra Frankriges og Schweiz's Madeleine-områder østover til Finland og det nordlige Skandinavien og her tilslut rundt mod vest og syd.

Endelig står tilbage de enkeltfundne stykker i Sverige, som er gjennemgåede. Forklaringen kan antas at være, at de er kommet med byttehandelen nordfra (i senere tid?). Det samme er naturligvis tilfældet med de enkelte spidser i Norges sydøstlige område.

Inden jeg her slutter av for at gå over til de arktiske øxer, der har foranlediget denne lange digression, vil jeg kaste et blik tilbage på det ovenfor anførte. Hovedresultatet er dette: at skiferspidsen er opstået av en benspids. Nu er jo hermed på ingen måde den hele skiferkultur eller den arktiske kultur i sin helhed behandlet. Der er mange former igjen, om hvilke der ovenfor ikke er givet nogen udredning. Såvidt jeg kan overse det, ser det dog ud til, at også de øvrige arktiske former passer ind i hypotesen, særlig skiferkniven, der tydelig findes i finsk stenalder. Jeg finder det således for min del indtil videre berettiget at opretholde den ældre teori for den arktiske stenalder og kan ikke finde, at der for den nye teori er fremlagt nogen beviskjæde, der skulde kunne forklare forholdene. At dernæst de arktiske former ikke er danske, ei heller svenske og sydøstnorske, m. a. o. ikke er skandinaviske, er et andet væsentlig punkt.

2. Øxer.

Der står tilbage at gi en tilfredsstillende og en med ovenstående hypotese overensstemmende forklaring på de arktiske øxer fra østlandske findesteder. Jeg kan med en gang gå løs på kjernespørgsmålet, idet jeg vil pege på den allerede omtalte eiendommelige øxetype fra Vespestad, som ikke kunde forenes med østlandske øxer. Der er avbildet et godt exemplar fig. 43. Det karakteristiske er først tvereggen, der er fælles for alle exemplarer; dernæst et mærkeligt træk: den alt dækkende slibning; dette er så meget mærkeligere, som de ældre stenaldersøxer fra østlandet enten aldeles ikke er slebne eller kun slebne på eggen. Her kommer nu petrografien tilhjælp: de hårde bergarter, der er benyttede til Nøstvetøxerne, og som arkeologisk kan stilles i klasse med flinten, idet de arkeologisk stammer fra denne, behøver ikke megen slibning for at kunne bruges. Det er derfor, at de typiske Nøstvetøxer på Vespestad heller ikke er slebne andre steder end på eggen. Bergarten er hård nok. Hvorfor er da den anden type slebet over det hele, således som tilfældet er, når den ovenikjøbet er av den samme hårde bergart? Svaret får vi også her av petrografien: Der er en klasse bergarter, der for benyttelse til øxer må slibes; det er skiferen. I denne skjødesløse slibning av hele øxen må vi altså se en overlevering fra skiferkulturen! Dette er et moment, der peger nordover. Og typen selv peger også nordover, idet det Trondhjemske har ydet øxer fra bopladser av lignende former, R. 13-15 (K.

Rygh. Trøndelag. i forh. tid). Desværre findes der for det nordenfjeldske ingen datering, og endnu mindre for de finmarkske fund. Det for tiden foreliggende materiale gir således kun ufuldstændige oplysninger. Men hvad der er mere av interesse, er nu at efterspore det forhold, at vestlandets stenaldersbefolkning synes at ha vedblit at bearbeide denne type, og det ikke bare i skifer, men også i ikke-skifrige bergarter. Således er stykket fig. 44 fra Sæm i Jarlsberg av en hård, skifrig bergart. Overensstemmelsen mellem denne og Vespestadtypen er utvilsom, med den modifikation, at det første exemplar er omhyggeligere gjort og navnlig er fri den skjødesløse facetslibning. (Smlgn. fig. 43). Det er særlig

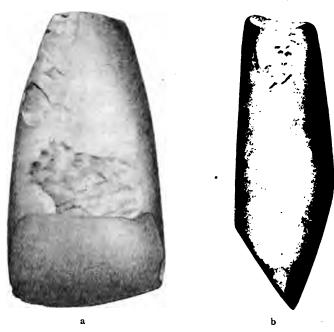


Fig. 43. Øx av Vespestadtype. Vespestad, Bøml., Finnås, S. B. 1.

dette forhold og desuden omstændighederne ved bergarterne, der har bragt mig til at tvile på, at samtlige disse øxer fra østlandske findesteder var arktiske; ikke alene må den ældre stenaldersbefolkning østfra ha truffet den nordfra kommende, men også *lært* av denne siste. Jeg tror derfor, at endel av de øxer, vi kalder for arktiske, delvis kan være vest-

¹ Den tvereggede form gjenfindes inden finske områder i skifer. Herom Aspelin l. c. og A. Hackman, l. c. Dr. Hackman har tilskrevet mig: "Vi äga ett stort antal yxor, hål- och rättmeislar, hackor m. m. af skiffer." Nogen detaljeret påvisning kan jeg desværre ikke levere, da jeg kjender materialet for lidet. Ikke uden interesse synes det i denne forbindelse, at der fra de ostasiatiske folk golder og giljaker findes i Berlins Museum für Völkerkunde skiferoxer, tvereggede, av samme hovedtyper som de norske arktiske.

landske; særlig styrket er dette blevet ved at gjennemgå stenalderssagerne i Bergen og Stavanger.

Gjennemgåes disse, hvor man finder vestlandet repræsenteret ved et relativt rigt materiale, så er det for en arkeolog påfaldende, at skandinaviske typer av de ovenfor behandlede for en stor del savnes. Av spidsnakkede og tyndnakkede typer finder man meget få, mens den tyknakkede type relativt er godt repræsenteret. Men ved siden herav findes i stor majoritet øxer av typer, der på østlandet er sågodtsom ukjendte, og ifølge sin hele karakter viser stor lighed med fig. 44. Den samlede udvikling

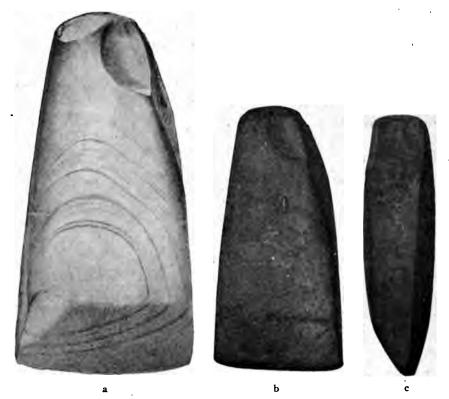


Fig. 44 a. Øx av vestlandstype. Gulli, Sæm, JL. (C. 19018). 1.

Fig. 44 b—c. Øx av vestlandstype. Gulli, Sæm, JL. (C. 19018). Virkelig størrelse 44 a.

på vestlandet synes derfor at ha havt noget andet forløb end østlandets, og den videre konsekvens herav er av Schetelig uavhængig udviklet i en hypotese for vestlandets stenalder, der desværre ikke er publiceret, men som jeg på anmodning velvilligst har fået mig tilstillet i brev. Jeg meddeler den her i uddrag:

»Ved Vespestadkulturens kronologiske stilling må det komme i betragtning, som du nævner, at der ikke er indflydelse av spids-tyndnakkede former, ialfald meget lidet, og at den yngre skandinaviske stenalder her først sætter ind med former som R. 10 og den tyknakkede flintøx. mener derfor, at Vespestadkulturen også udfylder den tid, som i øst og syd indtages af de spids-tyndnakkede øxer. Jeg betragter derfor denne kultur som en væsentlig noget senere og temmelig isoleret udløber af Nøstvetkulturen, skjønt den jo må begynde, mens denne endnu fandtes på østlandet. Men typologisk må der vel forudsættes en længere udvikling for at forklare, at såvidt eiendommelige former er opstået. Som endnu et moment i denne kulturs eiendommelighed har jeg nævnt, at den butnakkede øx i en lang og spids varietet, men stadig med cirkelrundt tversnit findes udviklet i store og fine exemplarer, rene luxusstykker, hvortil der neppe findes noget sidestykke inden det sydlige område¹; dette har vel også krævet sin tid og bør vel vise, at det sydlige områdes pragtform, den tyndnakkede øx, her ikke var brugt. Som du husker, finder jeg også et moment ved en gjennemgåelse av vestlandets flintøxer; der er mange tyknakkede, nogle ganske enkelte tyndnakkede, og endel av uregelrette former og en teknik, som synes at være grønstenstekniken overført på flint. (Brev av 29. juli 1905).

Her er i korthed en hypotese, der synes at kunne forklare flere væsentlige træk af vestlandets stenalder og således gi grundlag for videre behandling av de arktiske former. Det for nærværende undersøgelse centrale punkt ved vestlandets stenalder vilde jeg sammenfatte således: fra Vespestad som typisk repræsentant for ældre stenalder er udviklet lokale vestlandske former, der udfylder tiden indtil den tyndnakkede types slutning, da handel og samfærsel sætter vestlandet ind i den almindelige skandinaviske stenalder. Vespestad er på den anden side ved teknik og former direkte knyttet til østlandets ældste stenalder og bør i det væsentlige være samtidig med denne. Den for Vespestad karakteristiske ovenfor omtalte slebne øxeform stammer antagelig fra først av fra arktisk stenalder, omend dette ikke kan ansees fuldt bevist.

Typologisk er det disse vestlandske former, vi må sammenligne med de »arktiske« øxer, der findes i Kristianiamuseet, og som har git anledning til denne behandling af emnet. Bergarterne i vestlandets øxer, der iøvrigt ikke er typologisk detaljundersøgte, er væsentlig grønstener, aldrig eller

¹ De [findes dog også på østlandet, omend de her er sjeldne. Således et ypperligt exemplar (C. 11577), ikke mindre end 31.5 cm. langt, fra *Eppildrød*, Botne, JL.; et andet er omtalt af min far (l. c. p. 321) fra *Skolmerød*, Sandeherred, JL., 28 cm. langt. Aldeles noiagtig tilsvarende former av meget lange, helt slebne butnakkede øxer er kjendt fra *golderne* i Østasien (Berlins Museum f. Völkerkunde); denne parallel er ikke uden interesse, når erindres, at der som ovenfor nævnt (p. 86 anm. 1) fra *golder* og *giljakker* også er kjendt slebne skiferøxer, der i høi grad minder om de norske helt slebne skifer-tverøxer af arktisk form.

sjelden skifere. Det samme er i det væsentlige tilfældet med de 25 øxer i oldsamlingen i Kristiania. Kun et par av disse er av virkelig skifrige bergarter, men er alligevel typologisk sikrere at henregne til den vestlandske gruppe. Jeg tror imidlertid allerede med de for tiden foreliggende erfaringer at turde udtale, at materialet og formernes historie gir grundlag for at anse de fem og tyve "arktiske" oxer fra ostlandske findesteder for vestlandske former, som da ifølge en almindelig arkeologisk læresætning antagelig blir at betragte som importerede fra vestlandet. Det er således vistnok neppe egentlige »arktiske« øxer, vi finder her på østlandet, endskjønt disse naturligvis meget vel lod sig forefinde; men det er vestlandske (og nordenfjeldske?) øxer, der er resultatet av en lidet udviklet samfærsel mellem de forskjellige landsdele. Og kronologisk er disse øxer nogenlunde sikre, om man erindrer Scheteligs system for vestlandets stenalder.

Vi får ved at sammenholde:

Østlandet.

Ældre stenalder: Bopladserne i Kristianiafeltet. (Nøstvet, Giltvet osv.). Butnakket øxetype.

Yngre stenalder: 1. Spids- og bred- i nakket samt tyndnakket øxetype.

2. Tyknakket, bredegget øxetype og flintdolke etc.

Vestlandet og Nordenfjeldske.

Vespestad, Holeheien, Trondhjemske bopladser.

Butnakket øxetype.

Videreudvikling av denne samt videreudvikling av Vespestadtypen. Kun enkelte øxer av skandinaviske former.

Tyknakket, bredegget øxetype og flintdolke.

Efter dette skema bør da de importerede arktiske« øxer være samtidige med den spids-brednakkede øxetype på østlandet og i sydligere områder. Anderledes kan det da ikke være med disse øxer; de må ret og slet betragtes som importvarer, der i sin udstrækning vidner om forbindelser, om end ikke meget livlige, mellem øst og vest, som det også i et senere avsnit vil bli omtalt.

Det ovenstående kan i korthed resumeres således:

Den nyere hypotese for den arktiske stenalders forklaring må ansees at være lidet begrundet og er arkeologisk neppe sansynlig. Derimod er der megen sansynlighed for, at den ældre teori med nogen modifikation er den rigtige. Udgangspunktet for betragtningen er påvisningen av, at skiferspidsen er efterligning av en benspids og hører hjemme i en benkultur. Hermed er formodentlig givet et tilknytningspunkt til en ældre, sydligere

europæisk benkultur, der på sin vei mod nord avsætter sig i en skiferkultur, som har vandret langs Østersjøens kyster til Finland og østligere områder, og herfra til det nordlige Norge og Sverige. Herav følger altså, at skiferkulturen ikke — hvor den end kan være opstået — er kommet til Sverige og Norge den sydlige vei over Skåne, men er kommet den østlige vei over den botniske bugt.

Jeg vil forhåbentlig i et senere arbeide få anledning til at komme tilbage til spørgsmålet derom 1.

¹ I Etnografiske museum, Kristiania eies skiferspidser av fuldt karakteristiske former fra Labrador i Nord-Amerika! Jeg har fundet lighedspunkter også i benspidser fra Grønland. Endnu et mærkeligt forhold har jeg omtalt: det redskab av skifer, som dr. S. Müller anfører fig. 7 i Ab. f. n. oldk. 1896, fra Bornholm, og som av ham formodes tilhørende arktisk stenalder, gjenfindes i ben i nviagtig samme form fra Grønland. Flere lighedspunkter end disse synes at antyde, at den bevægelse, der har fulgt renen nordøstover i Europa, tillige har spredt sig over Asien til Beringssund og herfra over til Nord-Amerika. Denne mulighed fortjener ialfald overveielse. Virchow udtalte også på Stockholmkongressen 1874 (Compte rendu p. 217) i anledning av det arktiske spørgsmål: "Quant à moi, j'ai la conviction qu'il y a une succession d'affinités qui commence aux Lapons et aux Finnois et' qui se propage jusqu'à l'Asie orientale et jusqu'aux Esquimaux."

Denne tanke om en kontinuitet fra Magdalenien og helt frem til Eskimoer etc. er hverken ny eller ubearbeidet. Man finder et kort referat i Hoernes "Der diluviale Mensch" p. 75, hvor han udtaler: "Jene Nordvölker unserer Zeit fortsetzen einfach in den zirkumpolaren Gebieten das Renntieralter Frankreichs, Belgiens und der Schweiz mit seinen zoologischen, ethnographischen und anderen Merkmalen." Jeg mener nu, at skifer- og benspidsens udviklingshistorie i høi grad synes at støtte en sådan opfatning.

III. Teknik. — Bergarter.

Som det allerede flere gange i det foregående er fremhævet, har tekniken ved stenøxerne spillet en væsentlig rolle ved formgivningen af disse; med hensyn herpå frembyder det norske materiale av bergartøxer virkelig en rig kilde til studium, særskilt da av detaljer, der har interesse til forståelse av hele udviklingen. Forinden jeg går over til dette, tør det være berettiget i al korthed at omtale *flinttekniken*, da denne i visse henseender spiller en rolle også ved studiet av bergartøxerne.

Det norske materiale av flintøxer vil selvfølgelig ikke kunne meddele nogetsomhelst nyt til belysning av den almindelige, velkjendte flintteknik. Her er avhængigheden av det danske og svenske avgjørende klar; det er ved de fortræffelige danske og svenske arbeider, vi forstår de norske øxers tilblivelseshistorie. Det sædvanlige forløb er som bekjendt tillugning med efterfølgende grovere og finere slibning samt i mange tilfælde en særskilt blankpolering av eggen. Montelius, S. Müller o. a. har klarlagt den normale fremgangsmåde ved de forskjellige typer og påvist udviklingen også på det tekniske område. Der er her mellem den stadige forbedring av formen og tekniken en vexelvirkning, som det er av betydning at kjende. Mens det ældste stadium har været hugning med efterfølgende slibning, der ofte ikke dækker samtlige ar efter hugningen, har man ved den tyndnakkede type åbenbart gjennemgående gjort fordring på blankslebne, dekorative flader. Samtidig med den praktiske udvikling av nakken, der efter alt at dømme står i forhold til skjæftningsmåden, går også en reform i tildannelsen av praktisk art, idet den tyknakkede types smalsider i regelen lades uslebne, og ved den bredeggede type ikke alene disse, men også en stor del av bredsiderne forblir, som de fremkom ved hugningen. De norske exemplarer følger også denne regel i det store og hele. De få spidsnakkede oxer av flint er ufuldstændigt slebne, gjerne facetterede, et træk, der tyder på ælde; ligeledes er de tyndnakkede samtlige udmerket slebne, smalsiderne på den karakteristiske måde, der kjendes så vel fra de danske og svenske fund. Endelig viser de tyknakkede og bredeggede oxer tendens til at la mest muligt uslebet. Kun eggpartiet får sin fine blankpolering. Et særdeles instruktivt exemplar haves i C. 2098 (orig. R. 20) av bredegget type, hugget i rødlig flint med en sjelden finhed. Kanterne er hele veien dækkede av de fine, sma ar efter en tryk-hugning, ganske

som man træffer dem ved flintdolkerne i samme tidsrum (fig. 21). mærkelige er nu, at bredsiderne er slebne just ind til disse ar, derformodes med forsæt at være efterladt sådan som de er, uden overslibni

Det er muligt, at vi her står ligeoverfor samme dekorative sans, s har prydet de prægtigste arbeider blandt flintdolkene. Man vil dog kur indvende, at ved skjæftningen det meste herav måtte dækkes; — ik destomindre vil man neppe kunne tilskrive denne zikzak-hugning en b og bar praktisk årsag; den nordiske stenaldersmand vidste nok at hug selv de mindste stykker til uden besvær. Og den mærkelige eiendomn lighed, at kanten av øxen over det hele fremviser denne systematiske zikza hugning, gjør det troligt, at man står ligeoverfor et udslag av kunstsai og at arbeidet i forbindelse med de tilsvarende flintdolker, bør regnes »kunsthåndværk«, som dr. S. Müller har betegnet denne række fli arbeider 1. Andre arbeider tilhørende denne typerække viser ikke der eiendommelige dekoration. De er godt, dygtigt arbeidede, ofte ganske i udførte; nogen detaljer av interesse frembyder ingen av dem. Adskillige flintøxerne av den tyndnakkede og tyknakkede type er forefundne helt usleb Denne eiendommelighed, som man fra de danske og svenske øxer kjenc lar sig naturligvis ikke studere med nogetsomhelst udbytte i de norske ox Mens Sverige og Danmark eier hundreder av disse helt uslebne øxer, fine der hos os kun få, nemlig ialt 40 på 443 flintøxer. Det er dog at mær at flere av disse uslebne stykker er ganske omhyggelig hugne. Der fine imidlertid et eneste stykke, der synes at ha nogen interesse. Det er allerede flere gange omtalte store flintstykke, avbildet fig. 2 i Ab. 19 p. 330. Gustafson opfatter stykket som en ufuldendt tyndnakket 4 Herfor taler det tilsyneladende ufærdige i arbeidet, idet fremgangsmåd endnu kun har været store, grove hugg med stødning i kanterne. Es partiet er avgjort ubrugeligt, som det nu foreligger. De øvrige usleb øxer viser tydeligt eggparti, og enkelte av dem er mærkelig nok sålec udseende, at de meget vel kan være brugte. Hvorledes forklaringen denne eiendommelighed vil komme til at se ud, vil alene det danske svenske materiale kunne si. Jeg nævner til slut det faktum, at ingen bergartøxerne i færdig stand er uslebne; selvfølgelig fordi de da ik kunde bruges. Dette turde muligens antyde en forklaring for de usleb flintøxers vedkommende: de har vel delvis været benyttede således.

Er avhængigheden av det dansk-svenske materiale for flintens vedko mende tydelig, så er bergarttekniken udelukkende norsk og har her ganske interessant forløb, som kan studeres ganske detaljeret i material

^{1 &}quot;Vor Oldtid" p. 171.

Allerede rigsantikvaren Hildebrand påpegte i 1872¹, at fremgangsmåden ved bergartarbeiderne ved de kjendte former, særlig skafthuløxerne, må ha været en anden end ved flinten, idet fladerne sansynligvis er jevnede ved tilstødning, der just måtte efterlade den ru, finhullede flade, som bergartøxerne viser. S. Müller påviste i 1896², at denne fremgangsmåde måtte være den eneste anvendte, efterfulgt av slibning; at der dog findes øxer, der er tildannede ved hugning alene, d. v. s. ved flintteknik har jeg vist i »Øxer av Nøstvettypen«. Dette stadium tilhører også som påvist ældre stenalder.

Denne tilstødning, eller avknusning (»afstødning« S. Müller, Vor Oldtid. p. 174, svensk »bultning« er særdeles træffende, Almgren l. c. p. 371) har som metode for fremstilling været av stor betydning i europæisk stenalder. Den butnakkede øxetype, der er den første, ved hvilken denne er anvendt, er som bekjendt, udbredt over Vest-Europas kystegne fra Frankrige og England til Norden, men findes derhos i sydligere lande helt fra Indien, Ægypten, Lille Asien, Grækenland op til Ungarn og i Middelhavslandene fra Nordvestafrika helt ned til Togoland. Den betegner et meget stort fremskridt i stenalderen, idet tilstødningsmetoden uden overdrivelse er at betegne som en for datiden epokegjørende opfindelse. Gjennem hele stenalderen har denne metode, der nutildags kaldes »prikhugning«, åbenbart været av den største vigtighed. Opfindelsen havde særlig gyldighed for de strøg, hvor flinten ikke forekom i nogen synderlig rigdom, men hvor bergarterne måtte gjøre tjeneste som surrogat for dette stenaldersmateriale par excellence. Den butnakkede type, som den foreligger, er også det allerbeste exempel på, at tekniken har havt en indflydelse på formgivningen, der, om den end ikke må overvurderes, dog ikke kan tillægges liden vægt. Tydeligt er det, at den jevne tilstødning med en flintspids, eller i Norge sansynligvis med anden sten, måtte gi av sig selv den runde form for den butnakkede øx, - det faldt af sig selv, at man dreiede emnet, som bearbeidedes, langsomt rundt, hvorved efterhånden den butnakkede form med cirkelrundt, ovalt og tilnærmet rundt gjennemsnit måtte falde bekvem at fremstille og således blev den herskende form. At denne metodes fremkomst er at karakterisere som en opfindelse, fremgår udentvil ved sammenligningen med hugningen. At der er væsensforskjel mellem denne og tilstødningen, vil erkjendes. Men dernæst vil også denne tekniks historie klargjøre karakteren av den anden. Det ældste trin for virksomhed, som bør betegnes som mennesket tilhørende, er det standpunkt, hvor mennesket tar en sten op av jorden og bruger den i beskyttelses- eller

¹ Månadsblad 1872, p. 116.

² Ab. f. nord. Oldk. 1896, p. 397.

andet øiemed. Dernæst følger det andet, epokegjørende trin i ucl lingen: den opfindelse, at tildanne det samme stykke ikke netop til bestemt form, — men dog således at det avgav bekvem støtte i hånce. Det sekundære er formen, det primære er det at tildanne et styke. Efter denne betydningsfulde opfindelse følger som det tredie trin slibe gen. Her er forholdene ikke ganske udredede. Det er muligt, at sningen av flint har en anden betydning end slibningen av sten. I dette er i denne forbindelse ligegyldigt¹. Som den fjerde og ikke minc betydningsfulde opfindelse følger så stodningen, der så beholdes i stæ alderen overalt, med visse lokaludviklinger på de steder, hvor flinten ik var rigelig, men stenen måtte erstatte denne.

Det relativt store materiale av stenøxer (3: bergartøxer) i Norge 1 yngre stenalder er samtlige med meget få undtagelser fremstillede ved t stødning med efterfølgende slibning. Man får et bedre billede av det ved gjennemgåelse av de enkelte typer. Særlig inden den spids-bre nakkede type frembyder øxerne mange interessante detaljer. Ved flir øxerne av denne type slibes som bekjendt øxernes bredsider således, de mødes i en skarp kant. Hvor imidlertid tilstødningsmetoden anvende som ved bergarterne, vil denne kant naturligvis savnes, og man vil istec herfor få et tilstødt bælte, der erstatter den kant, hvori bredsiderne skul mødes. Det er dette tilstødte bælte, der ovenfor er betegnet som en a runding av bredsiderne (p. 25), hvortil knytter sig den væsentligste intesse ved studiet av tekniken. Først skal imidlertid nævnes en særsl gruppe av de spids-brednakkede øxer, der ikke er stødte, men slebne oa det hele. Det er de nedenfor nævnte øxer av grorudit. Det seige hårde materiale i disse udelukkede naturligvis ikke stødning og bankniz Det tør dog formodes, at denne hårde bergart har været forholdsvis lette at fremstille ved slibning alene. Det er ialfald mærkeligt, at samtL groruditøxer er så smukt slebne over det hele, ganske avvigende både

Endskjont det kun periferisk horer hjemme her, vil jeg gjøre opmærksom på et pummin avhandling "Oxer av Nostvettypen", hvor jeg tror behandlingen ikke er tilfrstillende. Det gjælder slibningen av Nostvetoxerne. Jeg har formodet (l. c. p. 1.2 at de ældste Nostvetoxer ikke har været tildannet med kjendskab til slibning. Dhar jeg antat, fordi det syntes at passe med det påviste forhold, at Nostvettypex samtidig med dansk-svensk kjøkkenmoddingtype, idet slibningen antoges sansynligat hore til et senere stadium. Jeg tror nu nærmest, at dette er en feiltagelse. Siningen av blødere stenarter end flinten må på grundlag av nyere materialsamlin i Europa antas at være meget gammel og fuldt ligeså gammel som dansk kjøkk moddingstid, idet der i fransk campignientid sikkert findes sleben sten. At denne il findes på danske bopladse, beror da naturligvis på, at man her har havt tilstrækkel materiale af flint og ikke har behovet at bearbeide sten. Dette rokker naturligvis ik noget av min teori om Nostvettypens ælde, men synes tvertom at gi den bedre grundligen.

flinttypen i Danmark-Sverige, og fra de øvrige bergartøxer af tilsvarende former. Dette må antas ligefrem at kunne begrundes derigjennem, at forbindelserne ved denne avart av typen går *endnu længere sydover*, til Mellem-Europa, hvor jo spidsnakkede stykker forekommer.

Ved bergarttekniken skal mærkes følgende.

I regelen efterfølges tilstødningen av en slibning av eggpartiet; man træffer dette ganske almindeligt f. ex. ved den brednakkede types øxer. Hvor dette er tilfældet, vil grænserne mellem det slebne og det tilstødte udpræge sig klart og tydeligt. Almindeligere er det imidlertid ved den spids-brednakkede type, at slibningen går et stykke opover bredsiderne, ja ofte helt op til nakken. Det tilstødte bælte vil da vise sig ganske tydelig og ofte ved første øiekast gi en skuffende lighed med smalsider. Særlig ved den typevariant, der står nær den butnakkede type (1 a), optræder dette tilstødte, uslebne belte. Dette er da den ene variant av teknikens indflydelse. Der findes nu exemplarer, der er fremstillede således, og hvis form henviser til den butnakkede som prototyp, men som i arbeide viser indflydelse fra flinttekniken. Vi har et sådant i fig. 45 (C. 10608), hvor det tilstødte bælte har modtat slibning, m. a. o. får et distinkt udseende av at ha smalsider. At der ikke er indflydelser fra former som S. M. 50, ialfald ikke i væsentlig grad, viser foruden den typologiske eiendommelighed også andre lignende exemplarer, hvor det tilstødte bælte er bevaret uden slibning, men med fuldstændig karakter af smalsider.

Instruktivt for den almindelige fremgangsmåde ved den spids-brednakkede type er et exemplar som fig. 9 (C. 13256). Den jevne tilstødning ser man alle spor av; bredsiderne mødes ikke i nogen kant, men ganske naturligt i en flade, et tilstødt bælte, fuldstændig som hele det øvrige parti av øxen. Stykket er imidlertid ufærdigt. Også eggpartiet er omhyggelig dannet ved tilstødning, og ved bankning; også i kanten her er fremkommet en but egg, der kun venter på slibning for at fuldstændiggjøres. Dette belyser da den almindelige fremgangsmåde: først tilstødning overalt, så formen blev færdig så langt som muligt; dernæst slibning 1. Av hvad art denne siste har været, lar sig erkjende ved et blik på den hele række av øxer. I regelen er blot eggpartiet meddelt en fin, regelret slibning. Dog er det ikke ualmindeligt, at endel av bredsiderne er slebne, men ikke

Ved vestlandsformerne og de arktiske over sees mærkelig nok aldrig spor av tilstodning. Eiendommelig i denne henseende er den slibning av stykkerne i facetter, der her er rådende. Særskilt den typevariant, der av Schetelig er udpeget (ovenfor p. 88) som en videreudvikling av den butnakkede type, er altid sleben i facetter, hvilket er en væsentlig avvigende fremgangsmåde fra den ved den butnakkede type brugelige, hvor tilstødningen altid er tydelig og klar.

ofte helt ud i kanterne. De sjeldnere tilfælde er det også, hvor øxens samtlige flader er slebne, hvor dette da betyder, at der er fremkommet flader, hvor bredsiderne mødes, der vistnok har karakteren av smalsider, men typologisk dog ikke er dette, hvorfor de ikke bør benævnes så. Kun i få tilfælde er slibningen en overførelse av slibningen ved flinttekniken, hvor der blev slebet i kanter — en brednakket øx fig. 8 (C. 10853) er i denne henseende instruktiv. Den er tildannet med hele flintøxteknikens eiendommeligheder — bredsiderne således mødende i en skarp kant — et enestående fænomen i denne række.

Hvorledes skal man nu erkjende, at de ovenfor omtalte tilstødte bælter ikke er identiske med smalsider, når exemplaret skal bestemmes, vil der spørges. Herpå kan der svares ved at henvise til sammenligning med den tyndnakkede types øxer; men dernæst vil typerne selv sjelden kunne tas feil av. Ved de tyndnakkede øxer bevares fremgangsmåden fremdeles som før, men det sees oftere, at smalsiderne slibes, vel under indflydelse av flintøxerne. Karakteristisk fremtræder forskjellen, når man betragter et under indflydelse av flintøxerne tildannet stykke som fig. 13. Ethvert spor av hugningen er her væk; flintteknikens slibning har udvisket den eiendommelige karakter, som alle tilstødte øxer besidder. Men tilstødningen beholdes endnu, trods det frugtbare opsving i anvendelsen av flinten, der finder sted i anden periode. Ved den tyknakkede types bergartøxer findes, dog særlig ved var. R. 10, tilstødningen fremdeles bevaret i smalsiderne. Helt slebne stykker findes dog ikke sjeldent. Materialet er imidlertid her, som det vil erindres, mindre, - sammenligningerne også mindre av interesse.

Spørgsmålet om slibningen av bergartøxerne er ikke specielt behandlet nogensteds. Se hest ed behandlede flintøxerne og fandt herunder, at to hovedmetoder var anvendte, efterfulgt av en polering av eggen. Det er spørgsmål, om disse fremgangsmåder udenvidere kan overføres for bergartøxernes vedkommende. Hvad angår den siste fremgangsmåde: blankpolering av eggen, sees det for enkelte bergartøxers vedkommende, at den virkelig er anvendt.

Der findes nu i mange fund to hovedtyper av slibestene, R. 90 a og b, den ene av løs rød sandsten, den anden av en meget hård bergart, i regelen kvartsit. Det er særlig denne siste, der er anvendt ved præpareringen av flinterne, sansynligvis ved brugen av (sand og) vand. Den har efterladt karakteristiske mærker pa flintøxerne.

Sees nu hen til bergartøxerne, vil det erkjendes, at der hos disse kan iagttas to forskjellige slibninger, hvorav den ene efterlader en ru, jevn overflade, der bestemt skiller sig fra den hullede overflade, tilstødningen gir. Karakteristisk er det, at mange øxer udelukkende har denne slibning foruden blankpoleringen av eggen. Men dernæst findes der endel øxer, ganske tydeligt de, der er mest influerede av flinttekniken, som virkelig er fint slebne over alle flader, og hvor slibningen muligens kunde antages at være udført ved hjælp av den hårde kvartsitiske slibesten med sand. I mange tilfælde vil vel slibning ved sandstenen have været tilstrækkelig for den forholdsvis bløde bergart.

Teknikens historie i den norske stenalder viser således egentlig to parallelt løbende retninger, der vexelvirker, dog således at bergarttekniken neppe har spillet nogen rolle for flinttekniken, mens denne derimod stadig indvirker på hin. Gjennem den hele række ledetyper bevares fremstillingsmåden: tilstødning med mere eller mindre udstrakt anvendelse av efterfølgende slibning, — og udfolder sig særlig i stenalderens yngste del, hvor skafthuløxerne av de almindelige former R. 32 og 29 er fremstillede ved tilstødning. Ved kobbertyperne R. 35—36 derimod er slibningen av samtlige flader anvendt, hvorved ethvert spor av den *primære* fremgangsmåde er udslettet.

Dette er i korte træk teknikens historie i den yngre stenalder. Den gir et bidrag til forståelsen av stenalderens kulturelle værdi i Norge, idet der, som det er fremhævet, er et årsagsforhold mellem materialet og tekniken. Specifikt for Norge er imidlertid flintmangel, men rigdom på bekvemme og brugelige bergarter. Herav følger da, at den teknik, der er egen for disse, også til en viss grad blir specifikt norsk. Der er imidlertid et moment av nogen betydning, der til slutning skal omtales. Det er hugningsprocessens stilling i norsk yngre stenalder. For det første er det her åbenbart, at den relativt store mængde flinter er hugne på norsk grund, hvad der ikke behøver nærmere motivering — smlgn. slibestenene R. 91. — Men dernæst er det en udredet kjendsgjerning, at samtlige øxer fra ældre stenalder er fremstillede ved hugning 2. Der burde da være sansynlighed for at gjenfinde spor av hugningsprocesserne ved stenen også i yngre stenalder, hvor desuden flinthugningen gik ved siden av tilstød-

¹ Et enkelt fund synes at bekræfte denne anskuelse. C. 4811 (fra L. Lund, Torvestad, p. Stav.) er efter opgave en tyknakket ox fundet liggende på en slibesten av kvartsitisk bergart. A priori tor dog fremdeles anskuelsen om den normale fremgangsmåde, der kun har anvendt sandstensslibestenerne, opretholdes. Hvor nemlig flinttekniken har spillet ind og stykket, som det jo er tilfældet ved flere tyknakkede exemplarer, er blankslebet, vil vel muligens kvartsitslibestenerne ha været brugte. Men de aller fleste bergartøxer er — som allerede nævnt — ikke blankslebne.

² "Øxer av Nøstvettypen", p. 8.

ningen¹. Imidlertid vil av det foreliggende materiale meget lidet kunne sluttes til belysning herav. Kun ved få exemplarer er tilstødningen og slib-

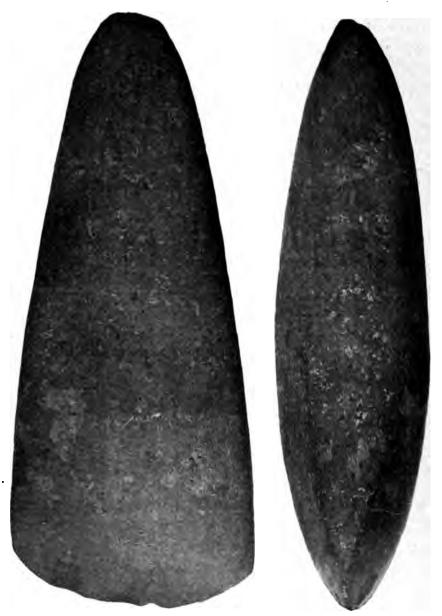


Fig. 45. Ox av spidsnakket type. Grorudit. Brusja, Drangedal, Bratsb. [. (C 10608).

Dr. S. Müller formoder dog (Ab. f. n. oldk., 1896 p. 400), at der til fremstillingen av den yngre stenalders redskaber opsøgtes rullestene av "former, der såvidt muligt nærmede sig til de stykker, der skulde dannes". Denne forklaring vil dog i mange tilfælde ikke strække til ved det relativt store materiale av bergartoxer i Norge. Nogen hugning er det vel teoretisk nødvendigt at anta.



Fig. 46. Ox av tyndnakket type. Flint. Skoro, Ski s., Krakstad p., Ak. 2_3 . (C. 19587)

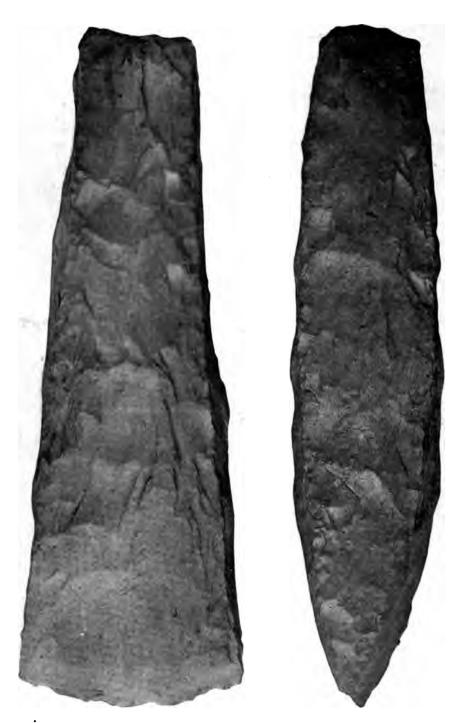


Fig. 47. Ox av tyknakket type. Flint. Næsodden p., Ak. [. (C. 13902).

ningen av den art, at de ikke har dækket helt over arrene efter en mulig Ved et enkelt stykke er arrene efter hugning synlige, mens spor av tilstødning ikke findes; derimod er stykket skjødesløst slebet. Dette er også tilfældet med et lignende stykke (fra Smålenene). Kan der ikke herfra indvindes sikker kundskab, så vil en detaljeret gjennemgåelse av stykkerne dog gi støtte for en opfatning av fremgangsmåden i sin almindelighed, der nærmest kan formes således: Hugning ved bergarterne er blot anvendt til fremstilling av emner, - altså en hugning av grov, forberedende karakter. Når emnet nogenlunde havde fået den tilsigtede form ved hugning, begyndte sikkert stødningsprocessen, der gav øxen form og udseende samt forberedte detaljer som eggpartiet osv. Dernæst fulgte slibningen. Ved fremstillingen av flintøxerne er i de forberedende arbeider vistnok fulgt samme princip. Muligvis har man også her havt nogen bankning og tilstødning av fladerne, der dog ikke kan ha spillet på langt nær den rolle som ved stenen, idet flintens hele natur tillader en beregning ved hugningen, som stenen ikke tilsteder.

De bankestener eller "stodere", der ved fabrikationen av bergartøxerne skulde være anvendte, er av dr. S. Müller formodet (l. c.) at have været flintknuder, S. M. 37—38. På danske bopladser, derimod sjeldnere i gravene, findes disse meget talrigt. Hvorvidt der i Norge er anvendt sådanne, er meget vanskeligt at avgjøre av materialet. Flint findes ikke naturligt forekommende — praktisk talt —; og, som det senere skal omtales, må hvert kg. flint være indført fra sydligere strøg. På bopladserne i ældre stenalder træffes disse flintknuder imidlertid, dog sjeldnere. Der er fundet en på Vespestad¹ og en på Holeheien².

Langt talrigere er imidlertid på disse ældre stenalders bopladse slagstenerne (S. M. 39), der er rullestene tagne op blandt strandmaterialet, hvor
bopladsen lå. Store mængder av disse fandt prof. Gustafson på Holeheien (l. c.), Schetelig på Vespestad (l. c.); ligeså er de fundne på
Torp boplads i Brunlanæs, JL. Anvendelsen av disse er imidlertid for
norsk stenalders vedkommende klar: de har været brugte ved lungningen
av redskaberne, således som disse også må ansees bearbeidede på dansk
grund. Muligvis er der en sammenhæng mellem disse utildannede slagstene og en rullestens-form med fordybninger, der findes enkeltvis i ikke
ringe antal landet over, R. 463. Muligens er disse slagstener fra yngre

¹ Berg. Mus. Ab. 1901: 5, p. 7, fig. 7.

² Berg. Mus. Ab. 1899: 1, p. 21 r.

Denne form er betegnet som hammer av Rygh. Imidlertid forekommer mange sådanne rullestene ikke gjennemborede, men kun avfladede, således at stenen formodentlig har ligget godt mellem to fingre for at bruges til slag.

stenalder. Herfor haves dog intet bevis, da samtlige er enkeltfund. Til stødningen (prikhugningen) må imidlertid spidse stene være anvendt, og da det er meget sansynligt, at flinten har været det eneste brugbare materiale hertil, må det ligefrem antas, at flintknuder har været anvendte i Norges yngre stenalder.

Et meget interessant område er studiet af selve bergarterne i de øxer, der ovenfor er behandlet. En undersøgelse av disse kunde naturligvis kun foretas av en petrograf. Jeg henvendte mig derfor til professor Brøgger, som har tilstillet mig den som særskilt bilag medfølgende redegjørelse av bergarterne i yngre stenalders skafthulløse øxer (spidsnakkede til tyknakkede). En undersøgelse av bergarterne i de butnakkede øxer, som ikke er detaljeret udført, vilde utvilsomt ha ført til meget nær analoge resultater.

Resultatet av disse undersøgelser av prof. Brøgger er et meget vigtigt bidrag til forståelse av den yngre stenalders kultur i det sydøstlige Norge.

Det første hovedresultat av denne undersøgelse er dette, at samtlige øxer kunde påvises at være forfærdigede av typisk norske bergarter, hvor en enkelt bergart endogså med bestemthed kunde lokaliseres (grorudit). Dette gir et positivt bevis for, at øxerne er forfærdigede i Norge. Det andet hovedpunkt er det, at bergarterne i den yngre stenalders skafthulløse øxer er typisk forskjellige fra dem, hvorav Nøstvetøxerne er forfærdigede. Årsagen ligger i de tekniske forhold, idet disse blev tilhuggede, mens den yngre stenalders øxer er blevne tilstødte.

Begge forhold peger så tydeligt som muligt hen på det forhold, at den yngre stenalder indtar en selvstændig stilling i Norge, ikke er resultatet av en »import« (dr. Hansen) og endnu mindre er en avlægger av »Nøstvetkulturen« (dr. H.).

1V. Statistik. Import og handelsforhold.

Ved velvillig imødekommenhed fra konservator Schetelig (Bergen), konservator Helliesen (Stavanger), cand. mag. Th. Pettersen (Trondhjem) og konservator O. Nicolaissen (Tromsø) kan jeg levere en oversigt over det samlede antal stenaldersfund i Norge. Det har sin interesse at tilveiebringe en sådan med visse mellemrum. Siden O. Ryghs oversigt fra 1876 har K. Rygh en opgave i nævnte skrift fra 1895. Der er ikke forsøgt nogen specificering av flere grunde; der kan kun gjøres opmærksom på, at stenøxerne uden hul og flintøxerne samt skafthuløxerne overalt er i majoritet.

M. h. t. Bergens museum bemærker Schetelig: »Der er vanskeligheder ved en sådan optælling, særlig m. h. t. vort materiale fra Jæderen og Lister, som er og blir et stort rote; på den anden side kan man ikke sætte dette ud af betragtning. Jeg har da valgt at optælle som fund, hvad der i katalogen kaldes så, skjønt mange af disse »fund« er gjentagne sendinger fra samme findested; ligeledes har jeg tællet med som enheder de no., hvori der er samlet en hel del stykker, indkommet fra forskjellige steder på Jæderen; man kan jo ikke ta hver pilespids som et fund, men heller ikke bør disse stykker helt udelades. På den anden side kan man vanskelig tælle som stenalderssager hver enkelt sten i de store bostedsfund (jeg vilde heller aldrig bli færdig med at tælle dem); jeg har derfor gjennemgående tat de større ting, som jeg synes kan kaldes sager, men i de små fund har jeg tildels kommet til at tælle småting, som jeg næppe har tat med i de store fund. På denne måde får jeg med runde tal:

fund: 800 sager: 1300.

Om jeg havde anvendt en minutiøs og kritisk gjennemgåelse af alt muligt, vilde tallene kanske blevet ganske anderledes, uden derfor at være mere pålidelige som statistik betragtet. Som et udtryk for forrådet i Bergens museum kan mine tal kaldes brugbare.«

Konservator T. Helliesen skriver om *Stavanger* museum: »Stavanger museum eier ca. 500 no. af større stensager, foruden ca. 900 små flintsager i form af pilespidser, småskrabere og flintkjærner samt en masse flintflækker. Ca. 8 samlede fund, hvorav vistnok enkelte er gravfund, er museet i besiddelse af.«

Cand. mag. Th. Pettersen, Trondhjem, bemærker: Der findes i museet 534 stenaldersfund (jeg regner herved fund fra bopladser som Bølesæter, Bølestrand, Urdan som i fund). Heraf tilhører 44.75 % den arktiske stenalder, hvortil jeg har regnet meisler af skifer. Trækkes disse fra, bliver tallet 36.75 %. Skal de enkelte sager af skifer og flint fra bopladsfundene regnes særskilt, vil vel skifersagernes procenttal blive noget større. Men tallene vil da neppe give et ganske korrekt billede.«

Konservator O. Nicolaissen, Tromsø, meddeler: »Tromsø museum eier fortiden 233 stenaldersgjenstande, hvoraf de fleste er fundne i Tromsø stift. Yderst sjelden har vi nogen oplysning om, at flere af gjenstandene er fundne sammen. Som regel er sagerne fra forskjellige gårde, og er de i regelen ikke fundne samtidig.«

M. h. t. Kristiania universitets oldsagssamling ansører jeg det omtrentlige tal ved oktober 1905. Kun bemærker jeg, at her er ældre stenalder, d. v. s. Nøstvettype-øxer, alene medtat i oversigten.

Der findes nu desuden enkelte stenalderssager i Arendal, Skien, Tønsberg, Larvik, Sandefjord osv. Ialt kan det således spredte beløbe sig til 200 fund, lavt regnet. Efter dette får man da følgende oversigt:

Kristiania universitets oldsagss. eier ca. 3300 fund med minst 4000 sager.

```
      Bergens Museums
      —
      > 800
      —
      1300
      —

      T.hjems Videnskabss.
      —
      > 534
      —

      Stavanger Museums
      —
      —
      > 500¹
      —

      Tromsø
      —
      —
      —
      233
      — (væsentlig »arktiske « sager)

      Andre museer
      —
      »
      200
      —
```

Fra det samlede Norge ca. 5567 fund m. minst 7500 à 8000 sager.

Nogen exakt oversigt over antallet av sager vil man vanskelig kunne tilveiebringe, da særlig Jæder-Lister-materialet frembyder vanskeligheder.

Av de 5567 fund er høist 300 fund fra ældre stenalder. Praktisk talt har vi altså 5200 fund av yngre stenalders typer i Norge.

Allerede i de foregående avsnit er de væsentligste statistiske forhold meddelte. Her skal nu sammenstilles de mest avgjørende kjendsgjerninger.

Først vil jeg gjøre opmærksom på forholdet mellem de absolute tal for de forskjellige typer. De tar sig sådan ud:

¹ Her ikke medregnet de ovenfor nævnte 900 små flintsager.

| Fra | det | sydøstlige Norge | findes av | spids-brednakket type | 132 stykker. |
|-----|-----|------------------|-----------|------------------------|---------------|
| * | > | » — | » | tyndnakket tvpe | 229 |
| > | > | » | » | tyknakket og bredegget | 428 — |
| | | | | [Tils. | 789 stykker]. |

Disse tal betyder da i al sin enkelhed en udviklingsgang, en stigning i kulturforholdene. Arkeologisk (d. v. s. typologisk) er stenalderens forskjellige perioder karakteriseret ved disse øxetyper (Montelius). At nu udviklingen stadfæstes ved disse tal tillige, befæster da opfatningen av en selvstændig yngre stenalder i Norge, ligesom dette blir endnu tydeligere ved de øvrige talforhold, hvorover der nedenfor skal meddeles betragtninger. Det må da først anmærkes, at det ikke er de absolute tal her, der er avgjørende, men de relative: at den tyndnakkede type forekommer i 18/4 gange så stort antal som den i tid forudgående spids-brednakkede type, at den tyknakkede-bredeggede i sin tur igjen forekommer i 14/5 gange så stort antal som den tyndnakkede og næsten 31/8 så stort som den spids-brednakkede; — det betegner udviklingsgangen analogt med den slutning, der i sin tid bekræftede Montelius' udviklingsrække for flintøxen i Sverige¹.

Forholdet blir endnu klarere, når man ser hen til tallene for udbredelsen av de tre hovedtyper.

| | Spids-brednakket type. | Tyndnakket. | Tyknakket-bredegget. |
|---------------------|------------------------|-------------|----------------------|
| Smålenene | • 44 | 56 | 104 |
| Akershus | · 47 | 53 | 77 |
| Kristians amt | . 2 | 7 | 9 |
| Hedemarken | . I | 7 | 10 |
| Buskerud | . 12 | 43 | 52 |
| Jarlsberg og Larvik | . 19 | 40 | 61 |
| Bratsberg | . 5 | 15 | 36 |
| Nedenæs | . 2 | 8 | 32 |

Skjønt ganske grove i sine hovedtræk frembyder dog disse tal særdeles meget av interesse. Navnlig er fordelingen i de indre amter — Hedemarkens og Kristians amter, det øverste av Buskerud — samt dernæst kystamterne Bratsberg og Nedenæs av interesse. Den ene brednakkede

Det må stadig bemærkes just m. h. t. de absolute tal, at de ikke alene danner grundlaget for opstillingen av en yngre stenalder. Der findes jo hundreder av andre redskaber og typer, som fylder perioderne. Relativt gir disse tal et godt udgangspunkt. — Det bør mærkes det eiendommelige i, at de tyknakkede øxer i Norge er talrigst. I Danmark og for endel i Sverige er jo den tyndnakkede type dominerende.

øx fra Hedemarken er fra S. Odalen pgd., og den brednakkede fra Kristians amt er fra Brandbu pgd. på Gran. Omtrent samme grænselinje følger også den tyndnakkede type i sin udbredelse: Grue pgd. ved Glommen (3 st.), det nordligere liggende Hof pgd. (2 st.)¹ — dernæst Jevnaker pgd. ved sydenden av Randsfjord (3 st.), hvor også en spidsnakket øx er fundet, samt det østligere liggende, rige Gran pgd. (2 st.) og herfra til det frugtbare S. Land pgd. ved østsiden av Randsfjord. — Den tyknakkede type går nordligere op: Ringsaker og Vang — bygderne på Mjøsens nordside har tyknakkede øxer; mærkeligere er dog fund av sådanne i Hedalen i Våge pgd. og S. Fron i Gudbrandsdalen og Vestre Slidre i Valdres og helt op i Vang. I Buskerud amts øvre del er tyknakkede øxer fundne i Hol og Alal, hvor tyndnakkede ikke er fundne.

Disse detaljer er interessante som vidnesbyrd om et forhold, der kan antas at få beholde sin gyldighed ved nye fund. Nogen skarp grænselinje lar der sig selvfølgelig ikke trække ved så få exemplarer til sammenligning. Man kan kun mærke det karakteristiske forhold, at den tyndnakkede type i Glommens dalføre stanser ved Grue pgd. eller så omtrent og på Randsfjordkanten kun går op til S. Land, mens den tyknakkede type går op hele Gudbrandsdalen til Våge, hvor den tyndnakkede helt savnes og ligeledes i Valdres-dalføret op til Vang. At der her kan indtræffe forskyvninger ved fremtidige fund er klart.

Av interesse er også tallene for de enkelte amter i sin helhed: Smålenene og Akershus og ikke minst Bratsberg og Nedenæs. Sammen med de foregående tal for hver type gir disse tal os et billede av udviklingen. Den første periode (den spids-brednakkede og tyndnakkede types tid) er tydeligvis en fattigere og mere isoleret tid end den anden periode. En stigende udvikling lod sig også iagtta i det store på vestlandet (ovenfor p. 89). Dette forhold stemmer ganske med østlandets og lader formode en viss avhængighed også i udviklingen her.

Ulige interessantere end disse tal er nu de, der oplyser om flintens og stenens forhold igjennem rækken av øxer. Her får vi virkelig et værdifuldt grundlag til at anstille betragtninger, da flinten og stenen er et materiale, hvorom der kan sies endel. Det er da også væsentlig herav, vi får et billede av udviklingen. Ved den spids-brednakkede type var forholdet, som det nævntes (p. 51), at av 132 øxer var g - mi — stykker av flint, den øvrige del av andre bergarter. Ved den tyndnakkede type er

¹ Et exceptionelt tilsælde må det nærmest betegnes at være, når der opgis fundet en øx av tyndnakket type (slint) så nordlig som ved Rena i Østerdalen (C. 11 649). — Umuligt er det jo ikke, — men da Østerdalen overhovedet ikke eier stenaldersfund av betydning, ser det eiendommelig isoleret ud.

forholdet ganske forrykket, idet her av 229 øxer 130 er av flint og kun 99 av bergarter. Dette betegner da et meget stort fremskridt, der fortsættes nedigjennem den siste periode, således at der i denne av 428 øxer av tyknakket-bredegget type er 313 av flint mod kun 115 av andre bergarter. — For ret at forstå betydningen av denne stigning fra 3 til 313 eller mere korrekt udtalt: stigningen fra 2 % til 73 %, må flinten som materiale for øxerne behandles. Først dermed vil man få en virkelig forståelse av stenalderen herhjemme.

Den første, der udtalte noget herom, var prof. O. Rygh, som i en liden opsats i 1874 hævdede en av dir. T. Dahll udtalt opfatning, at naturlig flint forekom i tilstrækkelig mængde i Norge til at forklare forekomsten av flintredskaber. Fra arkeologisk standpunkt hævdes stadig Jæderens rigdom på naturlig flint. Og det tør formodes, at denne Jæderens rigdom har havt sin medbestemmende indflydelse i de senere arkeologers anskuelser om dette punkt, at Norge besidder tilstrækkelig naturlig flint til at forklare stenalderens flintredskaber, — og med den samme motivering som O. Rygh gjengir efter Dahll: et flintførende kridtlag skal engang ha havt udbredelse over det sydlige Norge, hvorefter denudationen og gletschervirksomheden skulde ha avleiret det meste i lavlandslandskaberne langs kysten. Også direktør K. Rygh hævder denne opfatning.

Det er således av ganske stor interesse at få dette spørgsmål avgjort. Jeg vil her først fra arkeologisk standpunkt gi nogle bemærkninger til Ryghs og andres opfatning. I ȯxer av Nøstvettypen« har jeg forsøgt at udvikle, at den ældre stenalders øxer er tildannede av meget hårde bergarter med en teknik, som jeg har betegnet som en modificeret flintteknik; i Nøstvettypen har jeg således seet en overførelse på sten fra flint både i form og teknik. Hele den ældre stenalder i Kristianiafeltet er nu karakteriseret ved disse bergartøxer. At der er arbeidet i bergarter og ikke i flint, er nu ikke et for Norge isoleret fænomen. Går man ind i Sverige, findes det samme forhold at gjælde i større eller mindre grad alle nordenfor Skåne liggende landskaber. Særdeles oplysende er imidlertid Bornholm, hvor der er arbeidet i sten i ældre stenalder. Går man endnu videre, finder man, at det modsatte er tilfældet i Skåne og Danmark og Nord-Tyskland, - mens analoge forhold atter møder i visse dele av Frankrige. Vilde man for disse ydre områders vedkommende lægge dette ud på et geologisk kart, vilde disse arkeologiske bergartområder mærkelig nok falde sammen med de geologiske, livor flint mangler i naturlig forekomst. For Bornholms vedkommende ansees det

¹ Ab. 1874, p. 180.

bevist¹, -- for Frankriges og Sveriges ligeså. Og forklaringen er overalt den meget naturlige, at hvor flinten mangler naturlig forekommende, benyttes overveiende andre hårde, i sin struktur flintlignende bergarter, men også flint for en del indført til artefakter. Og dette forhold har jeg regnet med, når jeg har anset det for et karakteristisk væsensmærke for Norges ældre stenalder, at stenaldersmenneskene på Nøstvet og Giltvet på grund av manglende naturlig flint har dannet sine øxer av bergarter, der i sin karakter ligner flinten mest mulig, og som for de samme stenaldersfolk vel i mange tilfælde har seet ud som dårlig flint. For det sydfra kommende ældre stenaldersfolk har flinten som for alle andre datidens stammer været materialet par excellence - hvad der tilfulde viser sig i det mesterskab, hvormed de behandler den hårde sten på flintens manér. Hvis der var flint nok i Norge, så var det jo absurd for Nøstvetmenneskerne at opsøge de andre bergarter. Der indvendes, at der findes dog flintavfald i mængde på en sådan boplads som f. ex. Giltvet, — men dette er jo ingen indvending; det må antas som naturligt, at stenaldersfolket ikke har stængt sig adgangen til datidens vigtigste materiale; - det kan ha skedd på forskjellige måder, - enten ved medbragt flint, hvad der kanske er mere hypotetisk - eller ved direkte indførsel. I ethvert tilfælde er det arkeologisk så, at ældre stenalder i Norge er karakteriseret ved andre bergarter end flint.

For Sveriges og Danmarks vedkommende er de analoge forhold blit opfattede ganske på samme måde. Montelius har hævdet, — overensstemmende med det geologiske faktum, at *Skåne* danner nordgrænsen for flintområdet, — at flint nordenfor her må betragtes som indført — således Skellesteåfundet osv. Og Bornholms stilling har Vedel behandlet med samme betragtningsmåde som grundlag. Müller har sammenfattet disse fakta²: »Bornholm, das keinen grossen Feuerstein besitzt, und Nordschweden sind von Schonen und den dänischen Inseln aus mit Steinsachen oder dem Material dazu versorgt worden.«

Om der nu arkeologisk intet sikkert lar sig udsi m. h. t. flintens stilling — kun med en stor grad av sansynlighed, at flinten i Norges stenalder i det væsentlige er indført — så må det geologisk kunne la sig avgjøre. Som allerede nævnt er det da også en geologisk antagelse, der før har været bygget på. Nu har imidlertid prof. Brøgger i sit arbeide »Strandlinjens beliggenhed under stenalderen« p. 68 optat spørgsmålet til fornyet geologisk behandling. Resultaterne av hans undersøgelser er i korthed

¹ Granwall: Flintens naturlige forekomst på Bornholm. Ab. f. nord. oldk. 1903.

² Urgeschichte Europas p. 48.

følgende: Den ældre teori, Dahlls, om et kridtlag i store dele av sydlige Norge, der skulde forklare flintforekomst i grus på Jæderen, er blevet overflødig ved en kritisk prøvning ved hjælp av de nyere glacialgeologiske forskninger. Flinten i det jæderske grus kan antas avsat ved gletschervirksomhed i »den norske rende«, hvorved løsrevet kridt med flint antas transporteret fra Skageraks bund, altså ikke fra nogen syd-norsk kridtformation. Dr. Reuschs formodning om et lignende kridtlag i det sydlige Norge kan prof. Brøgger for sin del ikke slutte sig til. Og som hovedresultat kommer han til, »at naturlig forekommende flint i hele Kristianiafeltet må ansees så overordentlig sparsomt udbredt, at der ikke kan være tale om, at den kvantitet, der heraf tilfældig kunde være fremfundet i overfladen under stenalderen, på nogen måde kunde have været tilstrækkelig til at tilfredsstille behovet for råmateriale til redskaber for en nævneværdig stenaldersbefolkning, om denne skulde have været afhængig af råmateriale af flint«. Og det er kun om Jæderen og Lister man tør anta, at forekomsten av flint har været nogenlunde tilstrækkelig til et rimeligt behov. Men selv her har man jo benyttet bergarter til øxemateriale (Holeheien).

Såvel arkeologisk som geologisk lar spørgsmålet sig også løse ved en avgjørelse av, hvorvidt der virkelig nogen gang er fundet naturlig fore-kommende flint i grus i Kristianiafeltet. Prof. Brøgger nævner (l. c. p. 72) fund av flintknoller i ler på enkelte forekomster, hvor man ligefrem må anta, at de er tilførte ved transport av havis. Ikke et eneste flintefund i naturligt leie er forefundet i urørt morænegrus. Da prof. Rygh i sin tid skrev den nævnte opsats om flintens forekomst, satte han sig i bevægelse for at få indsamlet flintknoller fra Kristianiafeltet, der skulde kunne bruges som bevis for hans antagelse. Der blev så i løbet av årene indsamlet flint fra endel steder; en stor del av disse stykker viste imidlertid spor av avhugning eller bearbeidelse, og stykkerne er antagelig fundne løse i overfladen. Det er neppe tvilsomt, at de uden undtagelse er tilførte de steder, hvor de er fundne, ved mennesker, i ældre eller nyere tid. Jeg anser derfor en opregning av findestederne for at være uden interesse.

Om det altså end kunde antas, at en eller anden flinteknol virkelig findes naturligt forekommende i Kristianiafeltet, så er det jo indlysende, at den ikke kan benyttes som bevis for, at man her har havt tilgang på naturlig forekommende flint i sådan mængde, at herved det virkelige forbrug i stenalderen av flint skulde kunne forklares. Arkeologisk stemmer hermed, at den ældre stenalders bergartøxer udelukkende er hugget i norske bergarter. Der blir megen rimelighed i udviklingen med den antagelse, at der ikke findes flint nok i Kristianiafeltet; mens den modsatte anskuelse nødvendigvis må tvinge til en arkeologisk unaturlig opfatning: mangelen på

flint forklarer bergartøxernes store antal også i yngre stenalder. Tilstrækkelig tilgang på flint forklarer *ikke* disse forhold.

Når det geologisk kan ansees sikkert, at der ikke findes flint i Kristianiafeltet, blir der arkeologisk intet tilbage uden at gjøre følgende slutning:
Sågodtsom hvert eneste kg. flint, der i stenalderen er benyttet til artefakter
i Kristiania-området 3: det sydøstlige Norge, må være indført, og med
det almindelige kjendskab til forholdene i nabolandene tør man vel
anta, at importen for en væsentlig del er foregået fra Danmark, men vel
også frå Skåne. Dette er en slutning ganske i lighed med den, der for
bronzealderens vedkommende er indrømmet av samtlige arkeologer, fordi
forholdene her er klare, — nemlig at hvert eneste kg. bronze, der er anvendt i Norden, må være indført fra sydligere lande. Og herfra har man
med rette sluttet sig til ganske livlige handelsforbindelser i bronzealderen.

Analogt hermed vil vi ved dette faktum være kommet et langt skridt frem til at se på Norges yngre stenalder med de rette øine. Vender vi atter tilbage til tallene for flinterne ved øxerne, så ser vi nu, at samtidig som stenalderen skrider fremover i tid, samtidig foregår en udvikling i retning av livligere handel og import. Mens vi ved den spidsnakkede types øxer havde et forsvindende antal av flint, havde vi ved den siste stenalders type, den bredeggede og tyknakkede, henimod 75 % av det samlede antal øxer. Og hertil kommer den forholdsvis rige samling dolke og flintblade og andre flintsager, der vidner om en øget import 1.

Arkeologisk er det altså av ikke liden betydning at få fastslået flintens forhold. At der blir en smuk lovmæssighed i udviklingen med disse ovenfor gjorte antagelser, er klart av det allerede anførte. Både de absolute tal for øxetyperne og udbredelsen av de forskjellige typer, samt endelig flintens forhold ved samtlige avgir hver for sig i detalj bidrag til at styrke den opfatning, at der har existeret en yngre stenalder i Norge (i Kristianiafeltet), der i avhængigheden i materialet viser en udvikling analog med Sveriges og Danmarks. Allerede tallene for det samlede materiale fra Norges stenalder (ovenfor p. 104) avgav i virkeligheden bevis herfor. Når dertil kommer disse interessante bekræftende detaljer, vil der efterhånden indtræde fuld sikkerhed for, at Norge har havt en yngre, skandinavisk stenalder ganske som Danmark og Sverige.

¹ Særlig er for de spids-brednakkede oxers vedkommende det overordentlig ringe antal av bergartoxer av disse typer (sammenlignet med flintøxerne) i Danmark meget påfaldende som modsætning til det netop omvendte forhold i Norge.

V. Topografiske studier.

En nogenlunde fuldstændig fortegnelse over fundenes fordeling vil man få av de hosføiede detaljerede tabeller (p. 112—13)¹. På grundlag herav vil nu bli tilføiet endel betragtninger over fundområdene i yngre stenalder. Utvilsomt er et sådant arbeide for det sydlige Norges vedkommende et taknemmeligt felt, når man ser hen til de geografiske data. Hovedgrundlaget for en inddeling er det store vandskil Dovre-Langfjeldene, hvorfra vasdragene på den ene side strømmer lange og krogede veie til Kristianiafjordens kyster og danner færselsveiene i store, dyrkede dalfører. På den anden side vestlandet med fjeldene mod havsiden og korte, fosserige elve i trange, lidet dyrkbare dalfører. Det er nu østlandet, vi vil ta for os her, og centrum i dette er da som allerede nævnt Kristianiafjorden, der danner koncentrationspunktet — også i bebyggelsen. Dernæst vil der kunne gjøres enkelte generelle betragtninger, der kan bli grundlag for et mere systematiserende studium av Norges stenalder.

Til gjennemgåelsen i det følgende bør stadig refereres til det oversigtskart, der medfølger dette arbeide.

Sydøstligst i landet går fra havet ind den første av fjordene, nemlig **Fredrikshald-Iddefjorden**, der også danner grænsen mod det sydligere Sverige. At der imidlertid ikke er nogen stenaldersgrænse her, bekræfter sig direkte av ældre stenalders fund: lige vest for Idde-området i *Skee* sn. findes det ældst beskrevne fund av øxer av Nøstvettypen på boplads fra ældre stenalder, nemlig *Lihult*². Bebyggelsesområderne her i disse trakter står derfor direkte i forbindelse med hinanden, hvad der bl. a. fremgår med interessant tydelighed av fundene i vasdragene til Ildefjorden, nemlig elven (syd-nord) fra de i Sverige beliggende indsjøer n. og s. Bullaren (i Nafverstad og Mo sn.). På norsk side findes enkelte fund i dalbunden, men dernæst langs selve Iddefjorden. Rigeligere findes fundene i bivasdraget *Orelven* og

¹ Inddelingen går, som det sees, efter præstegjældene. Den hele oversigt har naturligvis mindre med disse kommunale og geistlige grænser at gjøre. Men jeg har ikke fundet det heldigt at forsøge nogen anden inddelingsgrund indført endnu. På grundlag av de i det følgende fremførte betragtninger vil muligens en heldigere inddelingsgrund kunne gis. Indtil videre er spørgsmålet av underordnet betydning

² "Bohuslänska fornsaker", p. 75. "Øxer av Nostvettypen", p. 35.

| | | | | | 1 | cı | 10 | | × | 1 | | н | + | | + | 8 | 'n | 23 | 11 | 10 | 4 | - | - | 10 | 7 | 6 | 119 |
|----------------------------------|-----------|----------|--------|-------|----------|---------|------------|---------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|---------|----------|---------|-----------|-----------|----------------|-----------|---------------|---------------|----------------|----------|---------|--------|------------|
| Skafthuloxer, dolke etc. | | | | | | CN | m | ŀ | | 1 | | H | 3 | 1 | 1 | 63 | in | 30 | 37 | 80 | 1 | 1 | - | 4 | 77 | 00 | 102 |
| Tyknak,-bredeg. | | | | | 4 | | a | | | | | | 1 | | | | | н | H | | | | | H | | - | 8 |
| Tyndnak. | | | | | | | | | - | | | | - | | | | = | m | CV . | CR | | | | - | - | -1 | - |
| Spids-brednak. | | | | | | ř | | | | | | | | | | | 111 | 7 | н | | | | | | | Î | Ċ. |
| | , | | | • | , | 8 | | | • | | | | | | • | | - | | | • | | | 1 | • | • | -1 | |
| " | | | | | | | | | | | al . | al. | : | | | | | | | i | | ì | | | | , | |
| Kristian | | 1 | | | | on. | nc. | | pa, | | Gausdal | psm | 60 | | , | Toten | ten | ker | pn. | Land. | Land, | Aurdal | Aurda | Slidre | Slidre | | |
| 7. | Dovre | Lesje | Skjak | по- | Vage | N. Fron | S. Fron | Sollien | Ringebu | Oier | O. G | V. Gausda | Faberg | Biri | Vardal | Ø. T | V. Toten | Jevnaker | 5.0 | | | S. Au | N. A | V. Sli | Ø. SI | Vang | |
| | 01 | à | | _ | 9 | 1.1 | ic. | 10 | S | CH | 4 | _ | | + | 1 | O) | 7 | CN. | m | | | | O | | | 1 | 144 |
| Skafthuløxer, dolke etc. | 18 | 8 | 8 | T | 9 | 1. | 13 | 6 | 'n | CN. | 3 | 18 | 77 | + | T | CI | 7 | 1 | 8 | | | 1 | CI | | _ | i | 124 |
| Tyknakbredeg. | - | | ¥ | F | | i | - | | | | H | 8 | 1.5 | _ | - | | | | | | - | | - | | | | 13 |
| Tyndnak. | | | | | | | | - | | | | 8 | CI | | - | - | _ | - | - | _ | | - | - | | | | 9 |
| Spids-brednak. | | | | | | | I | | - | | | | | - | | | | | - | | | - | | - | | | - |
| | | | | | ٠ | | | | | | | | | | | | | | | | | u | | | | | |
| ken. | | | | | | • | | | | | | : | | | | : | : | | Store Elvdalen | | Ytre Rendalen | Ovre Rendalen | alen | | | | |
| Ania di | ker | 3 | | | lal | | Odalen | Odalen | | gen | ra] | | | or. | • | ш. | | | FIVE | | \enc | Ren | glvd | | | 41 | |
| Hedemarken | Ringsaker | Nes | Vang . | oiten | Romedal | Stange | PO | O | Vinger . | Eidskogen | Brandval | irue | Hof | Aasnes | Våler | Elverum | Trysil. | Aamot | orc | Sollien | re I | /re | Lille Elvdalen | Tonset | Tolgen | Kvikne | |
| | 2 | ž | 2 | I.c | × | ž | ò | Z. | > | E | E | ē | Ĭ | Ä | > | Ξ. | _ | | | Š, | F | á | Li | T | Ĕ | ¥ | |
| | 47 | 88 | + | 10 | 6 | 33 | 20 | 21 | 9 | 17 | 56 | 11 | 21 | 10 | 22 | 27 | 42 | 33 | 15: | 4 | 47 | 32 | 12 | I | CN | | 609 |
| Skafthuløxer, dolke etc. | 30 | 6 | 20 | 10 | 7 | 20 | 12 | 13 | - | +1 | 27 | 10 | 20 | 9 | 19 | 25 | 25 | O) | 42 | CI | 40 | 36 | 8 | 1 | T | | 74 436 609 |
| Tyknakbredeg. | - | 6 | 9 | | * | ce | IF: | 37 | m | 31 | 3 | - | * | - | - | | 13 | | - | - | 9 | D) | 4 | | - | 1 | |
| Tyndnak. | 8 | 1 | 10 | 3 | - | + | CI | + | | - | - | | | 95 | н | 4 | 71 | H | A | | 4 | (1) | | | | | 53 |
| Spids-brednak. | 80 | 80 | in | a | | IC. | | 4 | 71 | | - | | | 9 | - | | è | 7 | - | H | | O8 | | | | | 9 |
| | | | : | | | | | | : | | | | | | | | : | | | | : | | | : | | | |
| ins. | | , | | | | | | | m. | T. | | | | | | | | | | | T. | | . p | | | | |
| Akershus | . At | stad | i | - | dder | ker | ania | Aker, | Bærum | , Bærum | | 80 | pu | ak . | | n. | Smo | alen | | Irum | sake | plo | esta | alen | 18 | | |
| 7 | Vestby | Krakstad | las . | Frogn | Nesodden | J. Aker | Kristiania | | 9. B | . B | Asker | Urskog | Holand | Enebak | Fet. | Sorum | Skedsmo | Nitedalen | Nes . | , jerdrum | Hensaker | desvold | Nannestad | Hurdalen | Feiring | | |
| | | 37 | - | _ | _ | | | ic | _ | - | _ | _ | | | 31 | 0 | | | 61 | _ | _ | | | | _ | | 33 |
| dolke etc. | 22 | 50 | 31 | # | 23 | ė, | 12 | + | 27 | 9 | 8 | 21 | 127 | 21 | 19 | 30 | 10 | 55 | 53 | 91 | 0 | 37 | 25 | | | | 456 6 |
| Tyknakbredeg. Skafthuloxer, | - | 4 | 1- | - | 3 | | | - | 8 | 1 | 30 | 0 | 1 | 31 | 9 | | 8 | 3 | 17 | CH | 10 | 8 | 13 | | | Ì | 1001 |
| Tyndnak. | CI | * | 10 | 31 | 71 | | - | | ic. | | 3 | w, | in | 9 | 50 | | 7 | 0 | 71 | | | CI | 7 | | | - | |
| Spids-brednak. | | - | | | 1 | | | | | | - | ir. | 1 | 3 | 67 | | 1.1 | + | N | | | 3 | 10 | | | | 44 55 |
| To the section of the section of | | | | | | | | 9 | | | | | | | | | - | | | | | | | | | - 1 | 4 |
| 2 | , | | | | : | : | | | | | : | : | | | : | | 1 | | | | | 1 | 1 | | | | |
| lene | | | | | i. | | | × | | 1gc | ŀ | pa | | | | · | 81 | | | | | | | | | | |
| Smålenene. | Aremark | rk. | | | Skjeberg | ler. | · of | Varteig | | Glemminge | | Rakkestad | F.idsberg | Rodenæs | Trøgstad | Askim . | Spydeberg | Skiptvet | | gc . | | | ol . | | | 1 | |
| 4/ | ren | Omark | . p | Berg | kje | Ilvaler | Borge | art | Lune | len | Onse | ak | ids | od | rog | SKI | pyc | d; | Kåde | Kyggc | Moss. | Váler | Hobol | | | | |

| | — wō o o ⊢ a a o + o + a w ⊢ a | 78 |
|-------------------------|--|--------------|
| etc. | 0 + 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 | |
| Skafthuløxer, | | 33 |
| Tyknakbredeg. | | 33 |
| Tyndnak. | онон на | I |
| Spids-brednak. | H | - |
| • | | |
| næs. | Vegardsheien Gjerstad. Sondeled Dybysåg. Holt Åmli Mykland. Herfos Froland. Histo Oiestad. Fjære Figer Figer Hovåg. V. Moland. Wyegusdal Kveland. | |
| Nedenas | Vegardsh Gjerstad . Sondeled Dybvåg . Holt . Åmli . Mykland . Herfos . Froland . Barbu . Hiso . Cjestad . Landvig . Fjære . Landvig . Kjære . V. Moland . Wegusdal . Krenes . Vegusdal . Krelend . | |
| | Vegardsi Gjerstad Gjerstad Sondelec Dybvag Holt Mykland Herfos Froland Barbu. Histo Oiestad Fjere Landvig Fiere Landvig Fiere Froland Hovag Birkenes Vegusda Hovag Evice Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Fiere Froland Froland Fiere Froland F | |
| | 2010 0 0 0 - 10 10 0 1 + 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | ٩c |
| . j varete | н | 128 |
| Skafthuloxer, etc. | нные апо венеровия — ва а анга; | 89 |
| Тукпакbredeg. | аю начоная на | - <u>-</u> |
| Тупапак. | ниян ни нияна | 15 |
| Spids-brednak. | н а н | 3 |
| <u> </u> | - · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | |
| ž. | ੁ ਼ੂ | |
| Brutsberg. | Drang cdal . Sannikedal . Skäto . Skäto . Skäto . Skäto . Skäto . Skito . Skito . Siemdal . Gjerpen . Solum . Gjerpen . Solum . Hiterdal . Tinn . Hiterdal . Tinn . Hiterdal . Seljord . Seljord . Seljord . Seljord . Seljord . Seljord . Sviteseid . Missedal . Seljord . Sviteseid . Wissedal . Seljord . Sviteseid . Svite | |
| Bra | Dranged Sanniked Skatu. Bamle. Bamle. Eidanger Eidanger Solum. Hollen Clande. Bo Saude. Saude. Saude. Selord Mo: Nissedal Nissedal Nissedal Nissedal Nissedal Nissedal Vinje. | |
| | PACS RESPONDED TO THE SECOND T | |
| | 8 7 7 4 4 1 1 8 1 1 4 5 6 5 4 2 1 | 396 |
| etc. | 28 0 1 1 1 1 2 1 8 2 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 | 270 |
| Skatthuloxer, | 99-90000000000000000000000000000000000 | _ |
| Tyknakbredeg. | | - 62 |
| Tyndnak. | 44 NOUN 4H d AO G G G H H CO | 8 43 |
| Spids-brednak. | О н н н н н н н н н н н н н н н н н н н | . 8 1 |
| * | | |
| Jarlsberg og Larvik. | Skoger Sande | |
| ırlsberg Larvik | Skoger Sande | |
| Ja | Skoger Sande. Hof . Botne. Vale Vale Stokke Stokke Sandeh Bruhlan Hedrum Lardal | |
| | 25.5 2 2 3.2 2 3.2 2 3.3 2 3.3 2 3.3 3.3 3.3 | 2 |
| qojke etc | | |
| Skafthuløxer, | 4 x x x x x x x x x x x x x x x x x x x | 246 |
| Tyknakbredeg. | 00 н н | 53 |
| Тупапак. | 010 H H H H W H W W | 04 |
| Spids-brednak. | +a -a -a -a | 13 4 |
| | | - |
| . ; | | |
| Buskerud. | . vo | |
| Bus | Hole Norderhov Aadalen Nes Gol Hemsedal Al Hol Sigdal Krodsherred Modum O. Eker U. Eker U. Eker U. Eker Eiskum Eiskum Eiskum Eiskum Køden Hurum Sandsvær Flesberg Kødel Sondsvær Flesberg Kødel Nore | |
| | Hole Nord Nord Nord Gol Gol Gol Hen Hol O. E. Fiskt Lier Fiskt Hole C. E. Fiskt Hole Nord Hole Nord Col Hole Nord Nord Nord Nord Nord Hole Nord Nord Nord Nord Hole Nord Nord Nord Nord Nord Nord Nord Nord | |

lalt således fra de 8 amter av yngre stenaldersfund: 2481.

Orsjoen i Enningdalen, og de fordeler sig her særlig ved sjøens bredder, hvor nu endel dyrket land findes. Bebygget fra fjorden må også *Idsletten* antas at være; her er fundene ganske rige.

Det største vasdrag imidlertid, som rinder til fjorden her, er Aremark-Rødenæs-Skulerud-vasdraget, der tillige har været en betydeligere færsels-vei, en hovedåre, ligesom vasdraget nutildags er kanaliseret og benyttes betydeligt. Allerede i ældre stenalder har her været bebyggelse, idet der er fundet en øx av Nøstvettype helt oppe ved Rødenæs og enkelte butnakkede øxer adskillige steder¹. Da landet her siden ældre stenalder er steget 45 m., har vasdraget ikke været farbart i hele sin udstrækning fra sjøen, da Aremark- og Ømark-sjøen ligger henholdsvis 105 og 108 m. o. h.² Fosserne ved Krappeto, hvor der nu er sluser, og ved Tistedalen har også i denne tid været hindringer for færselen ad direkte vei.

Følger man nu Tisteelven op fra Fredrikshald, findes på dens nordlige bred enkelte fund, der sammen med fundene på den store Femsjøs vestside angir bebyggelse i de strøg, der i vore dage er godt dyrkede. Følges elven videre op til Aspernsjøen ad de nuværende slusers vei, iagttas, at fundene her ganske mangler i de skovtrakter, der nu fylder området her. Hvor Aspernsjøen udvider sig og ved sine bredder har ganske godt terræn, lidet dyrket, begynder atter fundene at indfinde sig og følger nu jevnt vasdraget nordover. Overalt findes de langs bredderne av sjøerne, hvor nu store garde med veldyrket terræn er beliggende. Særlig rigt er strøget ved Rødenæs, bredderne noget nord for Ømark kirke.

Mærkelige er her et par fund, som fortjener særskilt omtale. Den vældige svenske indsjø Stora Le, der rinder av i et komplex av elve og sjøer til indhavet Venern, stikker en nordlig arm (ialt 32 km. kystlinje) ind i Ømark på norsk grund; nogle gårde er beliggende ved denne arm, der ikke er meget fjernet fra Ømarksjøen; her er gjort enkelte stenaldersfund, om hvilke det da ligefrem tør formodes, at de skyldes bebyggelse av vasdraget Stora Le fra Sverige; de avgir således et nyt bevis for, at den politiske grænse ikke er stenaldersgrænse; yderligere bevis herfor vil nedenfor findes ved behandlingen av nordligere vasdrag (Tryssil). Dette forhold må imidlertid sterkt betones. Når man ser på det vedføiede kart, er det påfaldende, hvor fundene samler sig om Ømark og Aremark, åltså de nordligere dele av vasdraget, mens derimod dettes sydligere dele ikke er så rige. Når hertil kommer, at vasdraget

No. 48 og 49 på kart I i prof. Brøgger: Strandlinjens beliggenhed. Se også kart II sammesteds.

² Oberst Nissens kart over sydostlige Norge, hvortil der stadig refereres i det følgende. – Se også til endel av det følgende "Norges Land og Folk 1. Smålenenes amt ved A. N. Kiær", p. 23.

fra Femsjøen og til Aspern har været ufarbart og tildels nokså vildt, må det indrømmes, at der er stor grad av sansynlighed for, at endel av bebyggelsen er foregået fra Stora Levasdraget. Det er nu fornemmelig skogtrakter, der omgir dette mægtige vasdrag. De dyrkede trakter er kun et bælte ved sjøernes bredder. Og regelen for fundene er, at de holder sig til disse og ikke går udenom. Nord for Rødenæs kommer man ind i Akershus amt til Skulerud-vandet, hvor fundene fremdeles fortsætter, men nu sparsommere. Bivasdragene Øgderen og Setten har ydet enkelte fund. Omtrent ved Urskog kirke er nu vandskillet mod Glommens vældige dalføre. Her stanser også fundene i de udmerket dyrkede trakter ved Bjørkelangen i Urskog præstegjæld. Det er her karakteristisk, hvor liden ledning den nuværende inddeling gir for forstäelse av stenaldersfundene, at fundene i dette præstegjæld fordeler sig ved Glommen (Blaker s.) og dernæst ved Bjørkelangscentret; men disse to områder er ganske skilt fra hinanden med hensyn til bebyggelseshistorie; det ene er bebygget ad den her beskrevne vei Aremark-Ømark-vasdraget, mens det andet tilhører Glommens store bebyggelse. Det beskrevne vasdrag har ingen større bielve, hvorfor bebyggelsens vei i det store og hele er klar. Som nævnt holder fundene sig aldeles begrænset til de dyrkede trakter langs sjøerne.

Kysttrakterne mellem Iddefjorden og Glommens udløb frembyder adskillig interesse med hensyn til stenaldersfundene. En stor del av Berg, Skjeberg og Borge pgd. har under ældre stenalder ligget under hav. Med den langsomme stigning begynder fundene at indfinde sig. Betegnende nok er fundene, med undtagelse av et eneste, samtlige senere end den tyndnakkede types tid; o: fra slutningen av 1 og begyndelsen av 2 avsnit. Dette har da meget naturligt sin grund i det forhold, at det mere beboelige land her enten ganske har ligget under vand eller også tildels har været for sumpigt og lidet skikket til bebyggelse. De flade, dyrkede, tildels meget lavtliggende strøg her er ikke synderlig rige på fund i forhold til andre rigere trakter av landet. Vi har dog fuldt tilstrækkeligt materiale til at fastslå, at fundene udelukkende optar det dyrkede løse terræn, nemlig ved fjordbundene og omkring de best dyrkede trakter forøvrigt. Her er ingen større vasdrag, der udpræger landskabet. Dog samler fundene sig f. ex. om den lille elv til Skjebergkilen, der løber gjennem Ingedalsbygden.

I tilslutning til professor Brøggers arbeide "Strandlinjens beliggenhed" nævner jeg her et lavtliggende fund av en spidsnakket øx av flint. C. 18951 er fundet på Skjeberg præstegårds eiendom. Ifølge generalstabens kart her i 1: 25000 ligger præstegården på en vel avgrænset liden høide, der ikke overstiger (et par og) 40 meter o. h. Tor man anta, ifølge

prof. Brøgger, at strandlinjen i den tid, der her er tale om, yngre stenalder, i avsnit, lå mellem 36 og 25 meter, [idet strandlinjen for de butnakkede øxer ved avslutningen er 36 m. o. h. (W. C. B. p. 208) og ved beg. av de tyndnakkede øver 25 m. (W. C. B. p. 203)], får vi her ved præstegården en ganske liden ø i den tid, hvorom der er tale. Denne lille ø har ligget i en bugt mod syd og i en større samling øer. Vi har da her med øbebyggelse at gjore, ganske i lighed med beboelsen av øer fra andre steder. Således strax nedenfor fra Hvaler.

På den ørække, der ligger udenfor Iddefjorden og som kaldes *Hvaloerne*, er der gjort tre fund fra stenalderen; skjønt få, beviser de dog klart øbeboelse, hvad der naturligvis er vel foreneligt med, at endel av stenalderens befolkning næsten udelukkende var fiskere.

Vi har flere analogier hertil. Særlig et fund vil jeg nævne, nemlig fra vestsiden av fjorden, fra Færder, hvor på en mod åbne havet liggende holme for endel år siden er fundet en skafthulox (C. 16524) fra holmen Knappen ved Store Færder fyr, Tjømø pgd. JL. Fundet har en særlig interesse som et meget lavtliggende fund. Efter opgave skal øxen være fundet "ved strandbredden" (Ab. 1891, p. 112). Antar man, at "ved strandbredden" tør bety nogle meter over normal vandstand, idet sjoen her står på med høit bølgeslag, blir fundet en ny bekræftelse på, at hævningen av landet siden bronzealderens begyndelse her i de ydre kysttrakter neppe kan ha været mere end ca. 7 meter. (W. C. B. p. 279).

Fund av oxer fra øer, der antyder tilstedeværelsen av en fiskerbefolkning, har vi fra indre Kristianiafjorden, hvor på øen *Ulvøen* i Ø. Aker er fundet en skafthulox, men dernæst — og av betydeligere interesse — fra kysttrakterne mellem Skiensfjorden og Lister, hvor stenaldersbefolkningen, som det senere skal sees, høist sansynligt har været en fiskerbefolkning. Således har øerne ved Kragerø og Risor samt de udenfor Arendal beliggende *Tromøen* og *Hisoen* ydet gode fund.

Den næste række fund grupperer sig nu om Norges største vasdrag Glommen, der vel uden overdrivelse kan sies at ha været den vigtigste av færselsveiene i præhistorisk tid. Oversigtlig og klar er bebyggelsens historie langs dette vasdrag, der begynder i Østerdalens skogtrakter og rinder gjennem så mange forskjellige landskaber for at nå havet ved Fredriksstad by 1.

Den ydre del av Glommen fra Sarpsborg til Fredriksstad (18 km.) er vel farbar, selv for større skibe, og omgis på venstre bred av *Borge* pgd., allerede omtalt i det foregående, og på hoire bred av *Tune* og *Glemminge* pgd., frugtbare, lavtliggende bygder. Som venteligt av høiderne her findes ingen ældre stenalders fund, da havet i denne tid er gået op til en strandlinje på ca. 45 m. (W. C. Brøgger) og det land, der da er blevet igjen for bebyggelse, ikke har været skikket til bosætning.

Det er først ved Spydeberg, hvor Glommens hoide over havet nar 56 m., at vi træffer kjendte bopladser fra ældre stenalder, Giltvet boplads. Glommen har således i ældre stenalder været ganske ualmindelig skikket til færsel, idet den har dannet en lang, trang fjordarm op til Spydeberg, hvor de første mindre føsser dengang begyndte. At den har været benyttet som færselsvei i stor udstrækning, sees bl. a. av skivespalterfundet fra Grue pgd., Hedemarkens amt.

Ved den følgende skildring av Glommenbebyggelsen kan for de geografiske datas vedkommende jevnfores kanaldirektør G. Sætrens værk: Glommen. Kristiania 1904.

I selve Fredriksstad by ved Glommens udløb er der gjort fund fra y. stenalders 2 avsnit (skafthuløx, se W. C. Brøgger p. 230), men dernæst et exceptionelt fund av en tyndnakket flintøx, altså fra 1 avsnit, der er fundet i ler og derfor må antas at være tabt i vandet her (W. C. Brøgger p. 219 og 221). Mærkeligt og interessant er det også, at fundene fra Glemminge (Rolfsøen) samtlige skriver sig fra 2 avsnit, idet ingen spidsnakket øx er fundet her; dette bekræfter da blot det faktum, at det beboelige land først ved begyndelsen av 2 avsnit er hævet av havet. Særdeles rigt er nu Tune pgd. på stenaldersfund, der alle grupperer sig over det løse terræn her 1.

Ved Sarpsborg by har Glommen sit første fossefald, Sarpfossen, med 22 meters høide. Nordenfor her er bredderne i det sydlige av *Varteig* pgd. godt dyrkede, og fundene holder sig jevnt til disse; et stykke nordover er bredderne skog- og berglændte og har ikke ydet fund.

Glommen har i denne sydlige del også et vestre lob, der rinder fra Tunes nordligste del gjennem Råde og i Onsø-elven ud til havet ved Fredriksstad. Går vi løbet op, har vi på vestre bred av Onsø-elven Onsø pgd., hvor ældre stenaldersfund er gjort. I det dyrkede centrum omkring kirken og ligeledes ved Råde kirke grupperer sig fund fra begge avsnit av yngre stenalder; fra Råde til Tune derimod (Mingevand), hvor bredderne er »høie, berglændte og skogbevoxede og lidet opdyrkede«², er ingen fund gjort, et forhold, der som det vil sees, gjentar sig overalt.

Uden synderlig avbrydelse kan vi dernæst fortsætte Glommen opover til dens næste fosse, Vamma- og Vrangfossen i Skiptvet og Spydeberg.

Langs det brede løb her er bredderne på østre side i Rakkestad og Eidsberg pgd. rige og godt dyrkede, mens den vestre bred egentlig først ved Skiptvet kirke har avgit et særdeles vel dyrkbart land. Hermed er også fundenes fordeling angit. Særlig omtale fortjener Rakkestadbygden, hvor en ikke ganske liden elv løber igjennem terrænet; den løber fra sit udspring nordover og optar endel bi-elve³; her gives ikke ganske få fund, særlig (ved Ertevandet) i Degernes sogn, en omstændighed, der er værd opmærksomhed. Terrænet er overalt ganske vel dyrket. I det nordligere liggende Eidsberg pgd. haves samme forhold, idet fundene, foruden at samle sig i det udmærkede terræn omkring elven, også følger Lekumelven (Eidsbergelven)⁴ nordover gjennem tildels veldyrket terræn.

¹ Lorange sier i sin reiseberetning av 1868 (Ab. 1868 p. 82) om Tune pgd., at næsten hver bonde havde en eller anden stenaldersgjenstand på sin gård, fundet ved pløining.

² G. Sætren: Glommen p. 259 f.

³ Ibidem p. 252 f.

⁴ Ibidem p. 250,

På Glommens vestre bred falder fundene i *Skiptvet* pgd. særdeles rigt langs elvens veldyrkede bredder og går ikke høit op noget sted.

Gjennem Grønsund kommer vi dernæst op i et mere fosserigt strøg av Glommen og har indenfor de tildels bratte bredder de rige pgd. Spydeberg (vestre) og Askim (østre bred). Fundenes fordeling her er interessant, stillet i relief til den ældre stenalders fund her, idet disses bopladser er nede ved elvekanten i den bratte væg, mens de yngre fund samtlige grupperer sig om de rige, veldyrkede strøg i høiderne indenfor elven. Fra Spydeberg går desuden et lavt, nu godt bebygget pas over til Hobølelvens øvre del i vest; i dette pas findes et par fund. Glommen modtar her i Spydeberg en bielv, Hovinelven fra Lyseren¹; ved denne sjøs bredder, der for en »væsentlig del er opdyrkede«, er gjort nogle fund fra yngre stenalder; langs Hovinelven findes på de dyrkede steder også fund. Askim pgd. er for en væsentlig del beliggende ved indsjøen Oierens sydlige bred, hvor trakterne er særdeles rige og åbne; man ser av kartet, hvorledes fundene samler sig om dette strøg i en tæt klynge.

Gjennem Mørkfossen kommer vi dernæst ind i Øieren, den store indsjø beliggende i nord-sydlig retning 103 m. o. h. »Landet rundt Øieren er meget kuperet og væsentlig opbygget av gneisbergarter tilhørende grundfjeldslag. På begge sider av sjøen haves en ganske tæt bebyggelse og hvor landet ikke er opdyrket, er der skog. I den sydlige del er bredderne i regelen forholdsvis høie, men i den nordlige er de flade og så lave, at store landstrækninger oversvømmes under flomme «2. Ganske overensstemmende hermed er det, at man på den østre bred, hvor terrænet er fuldstændig udyrket, undtagen nordligst i Fet pgd., ikke eier stenaldersfund, mens den vestre bred, hvor Enebak-bygden åbner sig, har nogle fund. Ganske overveiende samler fundene sig imidlertid helt nordligst i Skedsmo og Fet pgd. Disse bygder, der kranser Øierens nordside, danner udløberen av den store, frugtbare Romeriksslette og hører til landets mest veldyrkede Særlig tætte er stenaldersfundene på sletten ved selve Øieren. Øieren modtar her to elvetilløb, Nitte-elven og Lerelven. Langs Nitteelven, der rinder gjennem en tildels ganske bred og frugtbar dalbund, er gjort meget få fund, og de går ikke langt op i dalen fra Øieren. Vigtigere for stenaldersbebyggelsen har Lerelven (Leira) været. Den kommer fra fjeldstrækningerne helt oppe ved Gran i Kristians amt. Efter et langt løb når den ved Nannestad pgd. Romerikes sletter og går herfra til Øieren gjennem sletternes lerterræn i et kringlet løb. De landskaber, den løber igjennem, Nannestad og Gjerdrum pgd., har ydet gode stenaldersfund, hvor

¹ G. Satren: Glommen p. 247.

² Ibid. p. 222

disse da fornemmelig samler sig i terrænet ved selve elveløbet. Romeriks-sletten gjennemstrømmes nu tillige av en østligere elv (Rømua), der fra skogtrakterne ved Eidsvold rinder igjennem den rige stenaldersbygd *Ullensaker* pgd. og ved *Sørum* pgd. når Glommen. Fundene breder sig her endel udover den frugtbare slette og danner sammen med Sørumsbygden en tæt klynge.

Gjennem tildels rige bygder kan vi nu følge Glommen, til den modtar Vormen fra Mjøsen. Langs de fremdeles frugtbare bredder, der delvis består av lerbakker, hvor nu et stort antal veldyrkede gårde er beliggende, samler fundene sig fornemmelig ved *Udenes* og *Nes* pgd. og hele tiden beliggende ved elven; særlig samler fundene sig ved Nestangen, hvor Glommen modtar *Vormen*, den største av dens bielve, der kommer fra høifjeldene i nordvest. Inden vi derfor fortsætter Glommenbebyggelsen, vil vi behandle i korthed bebyggelsen ved Vormen, Mjøsen og i Gudbrandsdalen.

På den 25 km. lange strækning fra Nestangen og til Eidsvold er der ved Vormens bredder gjort kun få fund, i Fenstad sogn. Sundfossen er passeret, blir fundene i Eidsvold pgd. ganske rige. Ved de frugtbare, rige og veldyrkede partier fra Eidsvold til sydenden av Mjøsen ligger fundene nokså tæt; de følger endvidere den fra Hurdalssjøen kommende Andelv, men ikke synderlig langt op fra hovedvasdraget. I selve Hurdalen, hvor der tildels er ganske frugtbart, men noget indestængt terræn, er kun gjort et eneste fund. Mjøsens sydligste bredder er som nævnt nokså åbne og godt dyrkede, dog ikke langt op; på vestsiden går Skreikampen ned i sjøen og gir kun rent spredt plads for en dyrket flek her og der (Feiring, hvor også fund er gjort). Sådan er også forholdene længere nordover, hvor kun av og til, som ved Biri og Vardal, en mindre bygd er beliggende ved Mjøsens bred. Omtrent samme forhold gjenfindes på den østlige bred så langt som til Tangen; først egentlig med Vang—Hamartrakterne begynder de store flader ved Mjøsen, hvor nutildags rige gårde i veldyrket, åbent terræn er beliggende, og hvor sædet for en senere vikingekultur delvis har været.

Der er nu den første egentlige, synlige stenaldersgrænse, der møder os her ved Eidsvold. Vi har hidtil på vor vei opigjennem Glommenvasdraget hele tiden havt fund fra yngre stenalders begge avsnit. Samtidig som der her kan konstateres en avgjort grænse for de tyndnakkede øxer, så er det påfaldende, at fundene nordenfor grænsen langtfra er så rige eller tætte som før og påfaldende er det ligeledes, at kun enkelte øxer av den tyknakkede type vedblir at følge os opover — ialt kun en

ved Vang, en i Lillehammerbygden og endelig en — besynderlig nok — helt oppe i Våge, hvorom mere nedenfor.

Endskjont fundene ikke er overvættes mange, således at det materiale, man kan anvende til sammenligning, til en viss grad må gi vilkårlighed, er det dog utvilsomt, at vi her av det foreliggende tør slutte, at det indre, centrale Norge forst i vngste stenalder (2 avsnit) er blevet bebygget ordentligt. Vi vil se, at fundene på samme måde stanser os ved Grue og Hof i Glommen, og ligeledes ved Brandbu i Drammen - Ransfjordvasdraget og i de andre vasdrag ikke forholdsvis når så långt op. Alle disse forhold peger jo bestemt på rigtigheden av den udtalte regel. At Mjøslandskaberne, der jo i virkeligheden hører til de beste i landet, ikke er tat i almindelig besiddelse før i yngste stenalder, er måske lidt påfaldende, men turde vel ha sin forklaring, omendskjønt jeg ikke for øieblikket tør fremsætte nogen sådan. At de har været almindeligt beboede i bronzealder, sees bl. a. av det prægtige Kraakvikfund fra Ringsaker. På vestsiden av Mjøsen er de rigeste landskaber samlede i Ø. og V. Toten pgd., hvor også enkelte, dog ikke mange fund er gjort. Særlig samler fundene sig på østsiden i Vang og Ringsaker pgd.

Fra nu av er det kun spredte fund, som meddeler os, at mennesker i yngste stenalder har færdedes opover Gudbrandsdalen. I *Tretten, S.* og *N. Fron* samt i *Ringebu* pgd. er enkelte stenaldersfund gjort, dog ikke anderledes end at de bekræfter antagelsen om bebyggelsens stansning ved Mjøsen. Enkelte steder er fundet en pil her og der tilfjelds og vidner da om jægerstreiftog på vidderne.

Ligefrem overraskende er fundet av en skafthulox "i Heimdalsfjeldet", C. 6334. Heimdalshø går op til 2000 meters hoide o. h., og fundet av en skafthulox her betegner naturligvis kun et streiftog av en jæger. På Moen i Kvam s., N. Fron pgd. Krist., er fundet en skiferspids av arktisk type (C. 20159). Mærkeligt er fundet av en tyknakket flintov i Hedalen, Våge pgd. Krist. (C. 20262). En lignende er fundet i S. Fron pgd. Krist. (A. 332) av en egen variant. Forovrigt fortjener også omtales en ox av vestlandstype fra Nyhove gård i S. Fron, Krist. (C. 15447), der ligesom fundet av en lignende i Vang pgd. Krist. (se nedenfor) tyder på indflydelse fra vestlandet. Der tor naturligvis ikke på grundlag av så få fund sies noget sikkert om dette interessante sporgsmål. Jeg skal dog nedenfor i korthed udvikle det væsentligste i fundene, der synes at stotte teorien om bebyggelse eller mindre streiftog fra vestlandet i det overste av vore dalfører, Gudbrandsdalen, Valdres og Hallingdal. For Gudbrandsdalens vedkommende er sådan indflydelse ligefrem naturlig, da vandskillet her er forbundet i Lesjevandet.

I S. Fron forøvrigt er fundet blot *en skafthulox* og *to flintblude* og i *Ringebu* en skafthulox, ligeledes i *Øier*. Hermed er udtømt, hvad der i det vældige, i senere tid storættede Gudbrandsdalen er gjort av stenaldersfund 1. Det er jo utvilsomt, at dette er påfaldende og i og for sig ganske støtter antagelsen om liden bebyggelse her.

¹ Amanuensis G. Morek har velvilligst meddelt mig, at der i de Sandvigske samlinger i Lillehammer findes følgende stenalderssager: 1) fra Oier pgd. en stenox med skafthul og en flintøx. 2) fra Gausdal en skafthulox. 3) fra Dovre pgd. en flintdolk. Desuden skal der i Berg. mus. findes en skafthulox lig R. 28, som skal være fra Gudbrandsdalen. (B. 5451).

Vi forlod Glommen ved Nestangen for at følge Vormens løb; fortsættes nu videre ad Glommen fra Nes, vil fundene avgi vidnesbyrd om en synlig avtagende bebyggelse; talrige er de ikke nogensteds og dog ganske tilstrækkelige til at vise beboelse, av hvad art den nu end kan ha været.

I Ulleren sogn er gjort gode fund, der alle holder sig strengt til de ganske frugtbare bredder langs elven, hovedsagelig bestående av sandjord. Ved elveknæet ved Os modtar Glommen en bielv fra Storsjøen, der er beliggende i N. Odalens pgd.; ved denne indsjø er gjort enkelte fund, kun på det dyrkede strøg, hvor gårdene er beliggende; bredderne i syd er lidet dyrkede, men sterkt skogbevoxede; overensstemmende hermed er få fund gjort ved sydenden av vandet; noget talrigere er de fund, der er gjort ved nordenden av vandet, hvor »der er store, dyrkede flader eller bakkede strækninger langs sjøen«¹. En mærkelig omstændighed er det, at der helt oppe ved den skogbevoxede og mindre dyrkede del av N. Odalen pgd. i nord, nemlig ved Ottensjø, hvorfra Storsjøen modtar tilløb, er fundet en tyknakket øx og desuden et flintblad. Dette vidner jo tydelig om stenaldersbefolkningens bevægelighed, at de således har trængt frem langs vasdragene lige til disses udspring. Bevis herfor haves fra talrige steder; således fra Glommen, hvorom nedenfor.

Sparsomt fortsætter fundene i *S. Odalen* pgd. til Kongsvinger-knæet; synderlig rige er ikke fundene her på de delvis rigt dyrkede bredder; kun skafthuløxer er fundne, ingen skafthulløse; dette betegner dog ikke mangel på sådanne i dette strøg, da vi strax nordenfor, i Brandval og Grue, har adskillige.

Udenfor Glommenvasdraget og uden forbindelse med dette er følgende to fund, som nævnes særskilt og som yderligere bevis for det omtalte faktum, at den politiske grænse ikke betegner stenaldersgrænse (Aremark o. a. st.).

C. 6644 er en skafthuløx fundet i Vestmarken s. Eidskogen pgd. Hed. på en gård, Rambøl, der er beliggende ved en liden indsjø, Harstadsjøen, hvor gårdene i Vestmarken er beliggende (rektangelblad Setskogen). Harstadsjøen rinder av til Skjervangen indsjø, der atter har avløb gjennem Vadjungen indsjø i Sverige (Jernskog sn.) og herfra videre til sjøerne Hugn og Ränken ved Åmol, der atter rinder av i det indviklede komplex til indhavet Venern. Vi har altså heri sansynligvis en ny bekræftelse på, at dele av landet er bebygget ganske naturligt fra svensk side.

C. 16871 er en skafthulox fundet på gärden Gausta i Vestmarken S., Eidskogen pgd. Hed., beliggende strax n. f. grænsen i Vrangselvens vasdrag, der mere direkte løber av tilt de nævnte svenske sjøer Hugn og Ränken.

Det er naturligvis et sporgsmål værd, om ikke dette fund kan være resultat av bebyggelse fra Glommens vasdrag; som bekjendt er vandskillet her meget lavt — av og til oversvømmes det jo endog, således at Glommen tildels har avgit vand til Sveriges vasdrag (Helland Hedemarken I, p. 269). Og så bundne til vasdragene har naturligvis ikke stenaldersbebyggerne været, at de ikke har kunnet overskride dette lave vandskil her fra Glom-

Ved skildringen av bebyggelsen av Glommen fra Nes nordover er til grundlag benyttet A. Hellands Hedemarkens amt, II.

men og nedsætte sig ved Vrangsåens vasdrag. Dette spørgsmål har nærmest kun teoretisk interesse; for tidligt vilde det være at forsøge at fastslå noget. Erindres, at stenaldersfolket har havt en viss evne til at forfølge vasdragene helt op, lar det sig imidlertid let tænke, at fundet er resultat av bebyggelse fra svensk side.

Fra elveknæet ved Kongsvinger går Glommen 51 km. i nordlig retning, indtil den atter svinger ved Flisenelvens tilløb; disse sidste fem mil danner nu den sidste bebyggelse av mere udpræget art i det store vasdrag. I de tre pgd., der optar arealet her, Brandval, Grue og Hof, ligger fundene forholdsvis tæt langs elvens bredder på det udmerket dyrkede og delvis ganske tæt bebyggede land her. Øverst i Hof pgd. stanser nu fundene på samme måde som ovenfor omtalt under Gudbrandsdalen. Både den tyndnakkede og tyknakkede ox stanser her, og de fund, der i Glommens vasdrag nordenfor dette distrikt er gjort, er kun en flintpil her og der, vidnende om jagt, og en sjelden gang en skafthuløx¹. I de tildels skovrige trakter, der nu følger Glommen nordover, hvor det dyrkede terræn mere og mere svinder ind i areal, men dog særdeles vel dyrkede gårde endnu findes i klynger på moerne ved Glommens bredder, er fundene altså sparsomme. At stenaldersmenneskene dog har færdes langt nordover, viser på den anden side de enkelte fund. Men som resultat kan dog i det store taget sies, at bebyggelsen i det væsentlige stanser ved Flisenknæet i Glommen.

Her skal i korthed omtales de hidtil kjendte fund fra Østerdalen. Jeg undlader ikke at omtale, at fundfattigdommen herfra naturligvis for en del skriver sig fra den større avstan fra centret, Kristiania. Det viser sig jo med stor grad av regelmæssighed, at jo længere avstannen fra Kristiania blir, des fattigere blir relativt fundene. Hvor jernbaner i længere tid har gået gjennem bygden, er sansynligheden større for indsendelse av fund til museerne; Gudbrandsdalen har først i senere år fået jernbane; fundene er derfor fåtallige her. Strøget fra Kongsvinger til Elverum har først i senere år fået jernbane; oxerne herfra er derfor først fra senere tider. I de mere fjerntliggende strog er der derfor stor sansynlighed for, at der forefindes fund på gårdene, der først lange, lange tider efter kommer til museets kundskab. Et udmerket exempel er de nedenfor omtalte dalfører Hallingdal og Valdres, men særlig Numedalsvasdraget. Her er adkomsten til Kristiania besværligere, sansynligheden for kundskab om fund derfor liden. Disse forhold bor jo naturligvis tas i betragtning, når særlig de større dalførers bebyggelseshistorie skrives; det er saledes høist sansynligt, at når f. ex. i 1906 Valdresbanen åbnes i sin helhed, og endnu mere når Bergensbanen i 1910 åbnes, at materialet fra disse dalfører da vil bli et andet og sikrere til at skildre bebyggelsen her.

I det udmerket dyrkede strog ved Elverum pgd. er kun to skafthuloxer fundne. I Store-Elvedalen pgd., hvor terrænet jo er fjeldrigt og hoitliggende, er på de få godt beliggende gårde ved elven (Koppang, Tryli og Messelt) fundet ialt to skafthuloxer og en flintdolk. I Lille-Elvedalen pgd. er kun to fund, det ene kun opgivet "fra pgd.", det andet — et flintblad — fra Oien gård. Nordligere går fundene ikke.

Særskilt mærkelige er fundene i Tryssil pgd. Langs hovedelven (i Sverige Klaraelven) og desuden langs Ljora (også til Sverige) er gjort flere fund, der da samtlige må antas at

¹ I Aamot pgd. N. Osen sogn skal der ved Landvik gård, beliggende ved nordenden av Ossjøen, være fundet en tyndnakket ox av flint (C. 11649). Selv om dette skulde være så, er dette spredte fund uden sammenhæng med det øvrige materiale ganske isoleret og kan derfor ikke tillægges nogen vægt.

være resultat av bebyggelse fra Sverige; særskilt styrkes denne formodning ved fundenes antal, der til i en udbygd at være er ganske stort (8); flere av fundene er dog kun pilespidser, der altså ikke beviser nogen fast bebyggelse.

Vi vender efter denne fremtrængen langs Norges største vasdrag tilbage til Kristianiafjorden som udgangspunktet for vore betragtninger. Kyststrøget mellem Råde og Moss er ganske rigt på stenaldersfund, der nu ordner sig efter de forskjellige dale.

Hovedmassen er samlet i *Vansjoens* vasdrag. 1 den sydlige del av dette vasdrag, distriktet ved Moss, er udgangspunktet her. I selve kyststrøget mellem Moss og Råde, hvor raet går igjennem det nu så rigt dyrkede *Rygge* pgd., er det større antal fund gjort på raet. Dog er enkelte fund gjort ude mod kysten.

I Vansjøen, der er ganske rig på øer, er på enkelte av navnlig på den største av dem, Dillingøen, gjort gode fund. På nordsiden av sjøen, hvor der nu på et større veldyrket terræn ligger mange gårde, er der gjort udmærkede og mange fund (Våler pgd.). rigdom endnu viser Hobølelvens vasdrag, særlig Hobøl pgd.; fundene ligger her jevnt på de dyrkede flader langs vasdraget i det forholdsvis kuperede, men rige terræn. Det er allerede ovenfor nævnt, at Spydeberg pgd. skyder vestover i et pas til Hobøl, og at fundene også her fordeler sig. Det er også et forhold at lægge mærke til, at vi herfra over Ski (Kråkstad) til Bundefjorden har en jevn rigdom på fund, der ikke godt kan systematiseres efter noget vasdrag. Det usædvanlig veldyrkede land her er naturligvis for en del årsag i fundrigdommen; og de gir tillige løfte om, at fremtidig viderebebyggelse av landet på alle kanter vil forøge vort stenaldersmateriale. Det er utvilsomt bemærkelsesværdigt, at disse strøg synes at repræsentere et forholdsvis rigt stenalderscentrum: strøget er utvilsomt det bedst beboelige land nær fjorden; det er rigt på dyrkbart land; og det synes tydeligt, at vi av fundrigdommen i et sådant terræn får et bestemt fingerpeg om stenaldersmenneskenes kulturelle forhold.

Vi kan skille et *centrum* og to veie til dette centrum. [Kråkstad—] Ski pgd. er centret, og hertil fører den ene vei ad Hobølvasdraget som nævnt; den anden vei fører ad Vestbyelvens vasdrag gjennem Vestby og Aas pgd. til de nævnte bygder. Og endelig synes fra centret en vei at føre gjennem Nordby s. til Bundefjordens indre dele. — Dette angir i korthed bebyggelsens gang.

Langs selve kysten av fjorden er kun få fund gjort.

Av betydning er kun fundet på *Jeloen* ved Moss. De øvrige er ikke av nogen særlig interesse,

Mellem Ski-centret og det indre centrum ved Kristiania by er der mærkelig nok ingen synlig forbindelse i stenaldersfundene undtagen den naturlige vandvei. Egnene i O. Aker, Kristiania by og V. Aker pgd. har i den ældste tid frembudt et særdeles vel dyrkbart og beboeligt terræn; at her i stenalderen har været et centrum tilsvarende hertil, sees da av fundene, der kranser Kristianiafjordens bund og her holder sig udelukkende til de dyrkbare flader; de går ikke i høiden nogensteds, når da undtas Ø. Aker, hvor egnene Bækkelaget—Ljan naturligt er best befolkede oppe på Ekebergåsen, — som nutildags.

Fra *I'*. Aker sees fundene at fortsætte ind i Bærums og Asker pgd. og har muligens naturlig forbindelse med stenaldersfundene i Roken og enkelte av Liers fund; det falder derfor naturligt at betragte disse pgd. som tilhørende Kristianiacentrets stenaldersbebyggelse.

Mellem Drammens- og Kristiania-fjorden er kystlandet *Hurum* beliggende; det er opfyldt av granitkoller med skog og lidet dyrket land indimellem. Yderst ved kyststrækningen er enkelte gårde; stenaldersfundene følger da også kystlinjen i lidet antal rundt og ind til Svelviksmorænen, hvor et centralpunkt i norsk stenalder er beliggende: to hellekistegrave er fundne her. På Drammensfjordens vestside, hvor skogtrakterne dominerer grunden, er ingen fund gjort. Rigere blir da med et det dyrkede land ved Drammensfjordens indre, hvor terrænet atter er gunstigt for bebyggelse.

Fundene samler sig her i *Lier*dalen, hvor nu en række gårde er beliggende. Lierelven, der falder ud ø. f. Drammen, springer ud på høiderne s. f. Tyrifjordens østlige arm (Holsfjorden); det er derfor rimeligt at henføre de par fund, der findes ved Holsfjordens bund, til Lierbebyggelsen; længere nedover i dalen holder fundene sig langs elven på det dyrkede strøg ved begge bredder.

Vi er herved atter nået til mundingen av et stort vasdrag, der nu skal følges videre opover, nemlig **Drammen—Ransfjordsvasdraget**, der også modtar **Hallingdals-** og **Valdres-dalførets** elve.

Fra Drammen til Hougsund kan elven folges ret mod vest; bredderne er her meget frugtbare og vel dyrkede; alligevel er her ingen stenaldersfund, et forhold, der har sin naturlige årsag i nivåforholdene; det dyrkede land ligger her ved elven kun i ganske få meters høide o. h. Under hele stenalderen har her altså været ubeboeligt for den væsentligste del.

Undtagelse er en tyndnakket flintøx (C. 17385) fra Øvre Sund i Drammen. Prof. Brøgger har i Strandl. bel. p. 222 formodet, at denne øx er fundet i postglacialt ler, og altså er tabt eller lagt med hensigt i vandet her på den tid.

Ved Stryken i ned. Eker pgd., beliggende på sydsiden av elven omtrent midtveis mellem Mjondalens og Gulskogens jernbanestationer, er fundet en tyknakket øx av sten (C. 15432); høiden kan her være meget over den minimale for andet avsnits havnivå her. Det samme er tilfældet med 4 skafthuløxer: to fundne på gården Stensæt, beliggende på elvens nordside nær kirken (C. 2018, 2019); en skafthuløx fundet ved Mjøndalen, hvor høiden også kan være betydelig for det nyryddede land i åssiden (C. 16636). Endelig er en sk.øx fundet på gården Ekenæs på elvens nordside ved kirken; gården er meget høitliggende. På gården Stormoen ved Strømsgodset kirke, Skoger pgd., er der fundet to flintblade (C. 20076—77). Det nydyrkede land her kan ligge meget høit, optil 40 m. o. h.

Ved Hougsund, Ovre Eker pgd., møder vi det første større centrum i dette rige vasdrag. På de særdeles veldyrkede flader ved elven samler fundene sig1. Et særdeles interessant forhold er her bebyggelsen ad vasdraget til Ekernsjøen; denne store indsjø har avløb mod nord gjennem Fiskumvandet og Vestfoselven, der løber ud i Dramselven ved Hougsund. Allerede i ældre stenalder har vasdraget været benyttet som færselsvei; der er fundet butnakkede øxer på Eker. De dyrkede flader fortsætter nu langs Vestfoselven til Fiskum, og langs selve Ekern findes flere steder godt dyrkede gårde; dog er terrænet væsentlig skogklædte fjelde; nogen større samling av fundene er der derfor først egentlig på nordsiden av vandet ved Fiskum. Mærkelig og interessant er bebyggelsen av Hof p., Jarlsberg og Laurviks amt, der muligens delvis må antas bebygget fra Ekernvasdraget. Hof ligger ved vandene s. f. Ekernsjøen og med avløb til denne. Selve Hof pgd. er på grund av den relative fundrigdom at regne for en egen stenaldersbygd med forbindelse til Drammen. Dalen er også særdeles skikket for bebyggelse, idet den væsentlig er lerfyldt. nu udmerket opdyrket, begrænset av skogbevoxede porfyråser.

Vandskillet mod Numedal er ikke høit her, ikke høiere end at jernbanen til Kongsberg uden vanskelighed har kunnet føres igjennem —; enkelte av fundene synes at antyde forbindelse; dog kan dette for tiden ikke bevises.

Noget avsidesliggende er fundet av en tyndnakket øx i Flesberg, beliggende i Dørjas, Fiskumelvens, vasdrag helt nordlig ved udspringet.

Fra Hougsund kan nu Dramselven følges til næste tydelige stenaldersbygd beliggende ved den sydligste del av Tyrifjorden ved dennes vestlige arm: *Modum* pgd. Langs elven fra Hougsund til Gjeithus er ikke rum for synderlig bebyggelse, da bredderne er delvis steile klipper; derimod er høiderne indenfor nutildags vel bebyggede; det er imidlertid ganske forklarligt, at stenaldersmenneskene under den senere del af stenalderen ikke har tat dette til land, da vasdraget ikke har ligget nær nok. Inden Modums stenaldersbygd omtales, bør to bivasdrag til Dramselven av megen vigtighed behandles, — nemlig *Sigdal-Eggedalsvasdraget* samt det vigtigere *Krøderen-Hallingdalsvasdraget*.

⁴ Til veiledning i den følgende skildring kan benyttes J. Vibe: Buskerud amt.

Ved Aamot modtar Dramselven den fra sjøen Soneren i *Sigdal* kommende elv Simoa; selve denne sjø er omgit av delvis godt dyrket terræn, mens elven på sin vei nedover er omgit av megen skog og fjelde. Allerede i ældre stenalder har vasdraget været benyttet, da der ved Soneren er fundet en butnakket øx. De fund, der forekommer, er kun to skafthuløxer og et flintblad ved sjøens bredder.

Mærkeligt er det at finde to skafthuløxer i *Eggedal*, en høitliggende fjeldbygd, dog ikke uden dyrket terræn; den sparsomme bebyggelse nutildags er beliggende på de flade moer i selve dalbunden. Muligheden av flere fund her er ikke udelukket; bygden er i liden forbindelse med Kristiania.

Den fra Krøderen indsjø kommende Snarumelv, som ved Gjeithus modtar Storelven fra Tyrifjorden¹, har langs sine bredder fra Krøderen ikke egentlig synderlig dyrket terræn, hvortil kommer, at den på grund av rigdom på fossefald og stryk ikke er farbar. Det er først ved sydenden av Krøderen, at der møder os et par fund av skafthulløse øxer. Ved selve sjøen er bebyggelsen nutildags samlet ved et fremspringende nes, der stikker ud fra de ellers skogbevoxede og tildels høie åser. I nord, ved Flå pgd., er gjort tre stenaldersfund. Skjønt materialet er lidet, lar det sig dog se, at her stanser i det væsentlige bebyggelsen; vi har et endnu nordligere centrum, der strax skal omtales; men i ethvert tilfælde stanser den tyndnakkede øx her; det er den samme stans, der er konstateret for Vormens og Glommens vedkommende, og som vi nedenfor vil konstatere for Valdres og Numedals vedkommende.

Elven i Hallingdal flyder gjennem tildels veldyrkede bygder; Nes pgd., hvori mærkelig nok ikke endmu er gjort et eneste stenaldersfund, er en bred dalbygd, bunden flad og godt opdyrket; distriktet har i det store og hele taget samme karakter som det sydligere liggende Flå pgd., hvor vi fandt nogle stenaldersfund, og som det nordligere liggende Gol pgd., hvor der er gjort et enkelt fund, der imidlertid er mindre avgjørende, da det er et flintblad. Først i Ål og IIol pgd. møder vi pludselig en relativ rigdom på fund.

En fortegnelse folger her: i Ål: 1. (C. 2086). Skafthulox fra Sandåker, ligger i dalbunden ved sydenden av Strandefjorden. 2. Det samme er tilfældet med en skafthulox fra præstegården (C. 10642). 3. Noget ostenfor i dalbunden er fundet en flintpil (C. 19046) ved Ulshagen, hvor elven modtar Votnedals-elven. 4. I Votnedalen er på Stolen ligeledes fundet en flintpil (C. 15061). 5. Desuden er der i fjeldtrakterne fundet et stykke av en skiferspids på fjeldet mellem Ål og Hemsedal antagelig ved Nystøl (C. 8616), og

¹ Man betragter i almindelighed Tyrifjord-Ransfjordvasdraget som bivasdrag til Halling-dal-Krodervasdraget. I stenalderen har dog det siste været mindre væsentligt, hvorfor jeg har betragtet det første som hovedveien for bebyggelsen.

endelig 6. en "kleberstenskolle" på Halvorsætren (under Breie gård) (C. 14526). 7. Vigtigst er en bredegget flintax på Gudmundrud, en gård, der ligger lige ved kirken i dalbunden.

I Hol pgd: 8. (C. 3086) på Trngaton gård i dalbunden ved Holsfjorden er fundet en skafthulux. 9. En lignende er fundet på Tufte i Ustedalen i fjeldovergangen til Voss, hvor nu Bergensbanen fores frem; stedet ligger ved sydenden av Ustedalsvandet (C. 3252). 10. På Sletto, lidt vestenfor Hol kirke er fundet en skafthulux (C. 5130). 11. På Olmedokken i Hol er fundet en flintpil (C. 4000). 12. På fjeldet i Raksteindalen under Hallingskarven er fundet en skiferpil (C. 3552). Stedet ligger holt tilveirs, vidner da om jagtdistrikt, hvad iøvrigt samtlige fund vidner om. 13. Ved Sæim, omtr. ved Hol prgrd., er fundet en tyknakket flintax (C. 3769). 14. Ved Myre gård, på sydsiden av Strandefjorden, er i dalbunden fundet en stenax av den type, jeg ovenfor har betegnet som vestlandstype (C. 4358).

Jeg har gjennemgået disse fund mere omstændelig og udhævet de fund, der synes mig at tale for muligheden av pavirkning fra vestlandet i dette øvre strøg av Hallingdals dalføre, ganske som det nedenfor er formodet om Valdres (Vang). Materialet er jo lidet; men der kan dog sies noget. Både de to skiferpile og den ene øx er udprægede vestlandsformer. Allerede skiferpilen synes nærmest at pege på forbindelse med vestlandet (Holeheien-Vespestad). Med hensyn til øxen havde jeg for min del bestemt den som »vestlandstype», førend jeg gjorde mig bekjendt med findestedet. Dernæst må bemærkes fattigdommen på fund i det frugtbare og rige Hallingdal, hvor ovenikjøbet elven er farbar helt fra Krøderens nordende og op til Nes. Vi så, at fundene i Flå ikke fortsatte nordover; der gives i det nuværende materiale ingen forbindelse mellem Hol-Al-centret og de søndenfor liggende Gol-Nes-Flä. Påfaldende er det da desto mere, at der er gjort 14 fund i Hol—Albygden. Jeg skulde derfor ville udtale, at jeg anser det sansynligt, at Hallingdals nordre del er bebygget fra vestlandet. Hvorledes dette er muligt, er det ikke vanskeligt at pege på. Selve Hallingdalselven har, som vi sa, været vel farbar og strøget ganske gunstigt for bebyggelse; forholdet kan således kun bero på, at avstannen fra havet i vest er langt kortere, end den i øst. Her møder rigtignok den vanskelighed, at vandskillet delvis er ganske høit; der er imidlertid en omstændighed, der synes at forklare vandringen over dette vandskil, det er, at fundene i Hol og Ål repræsenterer et jægerfolk. For et omflakkende jægerfolk har det ikke faldt vanskeligt at benytte enten fjeldovergangen fra Voss over Raundalen og Ustedalen eller fra Lærdal-Borgund over Hemsedål, ganske som de benyttede den fra Lærdal over Filefjeld til Vang i Valdres. Der kan jo også peges på den omstændighed, at traditionen nedigjennem præhistorien har bevaret bevidstheden om Hallingdal som tilhørende vestlandet: i vikingetiden tilhørte Haddingjadalr såvel som Valdres Gulatingslagen. Heri ligger også et fingerpeg om rigtigheden av denne opfatning. Spørgsmålet om bebyggelse

¹ I privat eie i Al, Hallingdal, skal der findes to skiferspidser. (Meddelelse fra amanuensis G. Mørck.) Dette er jo en meget vigtig oplysning.

fra vest er naturligvis af stor teoretisk interesse. Fremtidige fund vil avgjøre det; men på *forholdet*, som det er givet i de få nuværende fund, vil der neppe forrykkes noget.

Ved *Modum* stenaldersbygd forlod vi Drammenselvens dalføre; her har allerede i ældre stenalder været bebyggelse, idet der er fundet butnakkede øxer på *Heggen* ved sydvestenden af fjordarmen. På de frugtbare flader på begge sider av elven samt på fjordens vestside (Tyristranden) er fundene tætte og rige, vidnende om et rigt centrum. Vel det rigeste i hele landet er imidlertid kanske *Hole—Norderhov* stenaldersbygd. Hole—Norderhov er beliggende på den nu så veldyrkede, vakre halvø, der stikker ud i nordenden av Tyrifjorden; sand- og lertrakter samt smuldret silurfjeld er det, som de rige gårde her ligger på, delvis langs Ranselven, der i slyngninger bugter sig fra Ransfjorden ned til Tyrifjord. Talrige og tætte er fundene. Også Tyrifjordens østside har ydet enkelte fund. På et lidet felt er her samlet mange stenaldersfund, der berettiger til at kalde bygden for meget rig.

Den nordvestlige arm af Tyrifjorden modtar et tilløb fra Soknedalen, hvor der er gjort et par stenaldersfund, der synes at antyde bebyggelse.

Det er ved Hønefos by, at Ranselven modtar den fra Sperilen kommende Aadalselv, hvorved vi er kommet ind i Valdres dalføre.

Det falder strax i oinene ved en oversigt her, at fra Honefos (Hen) til V. Slidre findes ikke et eneste stenaldersfund i Valdres. Betydningen av dette faktum skal strax omtales.

Ad Aadalselven nåes Sperillen indsjø, der er omgit af skog og delvis ganske høie fjelde, men ikke destomindre eier et ganske stort areal av dyrket mark¹, beliggende særlig i Nes sogn på nordsiden av sjøen. Følges Bægna fra Nes nordover, er bredderne utvilsomt for en del omgit av ganske megen skog; men der ligger dog megen dyrket mark her, der særlig udvider sig i den vakre Aurdalsbygd, hvorav specielt N. Aurdal nu eier et stort areal av dyrket mark. Det er mærkeligt, at her ikke er fundet stenalderssager; såmeget mærkeligere som vi ved Slidre atter møder fundene. Vi havde en udmærket analogi i Hallingdalsbebyggelsen, hvor først de høitliggende bygder Hol og Ål eiede stenalderssager. Ganske svarende hertil har vi i den høitliggende bygd Vang pgd. adskillige fund.

¹ Ifolge J. Vibr.: Buskerud amt p. 169, er av Aadalen pgd. 16 km.2 ager og eng.

I lighed med Hallingdalsfundene opregnes her de kjendte i Valdres: 1. Skafthulox (C. 1260) fra Granum i Ulnæs s., N. Aurdal pgd.; denne gård ligger ved sydsiden av Slidresjorden i den prægtigt rige bygd. 2. Tyknakket stenex (C. 7955) fra Kvale i V. Slidre; gården ligger udmærket til i den åbne dalbund. Disse to fund er de sydligst liggende; de senere nævnte hører mere ind under Vangsbygdens centrum. 3. Skafthuløx (C. 17262) fra Rodvang i Lomen s., V. Slidre pgd. 4. En lignende fra Solheim i V. Slidre (C. 19326). I Østre Slidre pgd. i bivasdrag til Valdres er fundet to pile, hvorav 5. (C. 19317) på gården Skattebu i Rogne s. en skiferspids. I Vang pgd. er følgende fund gjort: 6. På Kattevold i dalbunden ved den hoitliggende Vangsmjøs er fundet en bredegget flintax (C. 12061). 7. På gården Hamarstad, omtr. av samme beliggenhed, er fundet ox, tilherende den type, der ovenfor (kap. II, C) er betegnet som vestlandstype. Jeg minder om det samme forhold ved Hallingdal. 8. På Tune gård også i Vangsmjøsdistriktet, er fundet en skafthulox som R. 45 (C. 19054). 9. To skafthuløxer er fundet på Leine (C. 19311 og 18114), der ligger på sjøens nordside. 10. På den under 6 nævnte gård Kattevold er fundet et flintblad (C. 19953). 11. På gården Garstad i Hurum s. er fundet en sandstensslibesten; dette fund må ansees at være ganske betydningsfuldt: det vidner jo om fabrikation av stensager på stedet og fortæller bedre, end flintpilerne kan gjøre det, om fast bebyggelse på stedet. 12. På Kjørlien i Hurum er fundet et flintblad (C. 3551). 13. Et lignende er fundet på Halten også i Hurum (C. 16254). 14. På Olesæter, lige s. for Bygdin indsjø i Jotunheimen, er fundet en skiferspids. Stedet horer til Ø. Slidre vasdrag, men tilhører altså det nordlige Valdres' bebyggelsescentrum: Vang-Slidre 1.

Endskjønt fundene er få, materialet altså lidet til at trække sikre slutninger, vil jeg dog på grund av disse kjendsgjerninger og det ovenfor omtalte, i lighed med Hallingdalbebyggelsen, udtale, at jeg anser det sansynligt, at også den ovre del av Valdres kan antas at være bebygget for en del fra vestlandet.

Fastholder man nemlig, at skiferspidsen, som form betragtet, er mere karakteristisk for vestlandet end for østlandet (ovenfor kap. II. C), er det jo for det første påfaldende, at der i et så fattigt materiale som 15 femten - fund forekommer to av denne type og dertil en øx av vestlandstype. Tilsammen udgjør dette tre stykker av 15 – det vil si at 1/5 av materialet, 20 % er avgjort vestlandsk. Om de øvrige former kan der kun sies, at de er ligeså meget vestlandske, som de er østlandske, og omvendt; men i alle tilfælde er procenten af vestlandssager stor, relativt, og gir en god støtte for hypotesen. Videre er det mærkeligt, at Slidre og Aurdalsbygderne og Aadalen sågodtsom mangler stenaldersfund, som allerede nævnt. Et aldeles mærkeligt forhold, der utvilsomt støtter antagelsen, er det, at der i Aadalen pgd. ikke er gjort et eneste fund hverken fra stenalder, bronzealder eller ældre jernalder, mens der først med yngre jernalder kommer nogle fund! Dernæst er det lige påfaldende, at det samme forhold gjælder for S. Aurdal, når undtas et løst fund af en vævskyttelformet sten, og endelig er det interessant, at N. Aurdal, Slidre og Vang i modsætning hertil har tilsammen 36 fund fra æ. j. a., og analogt med Hallingdal tør det også nævnes, at den historiske tradition bevarer

Der er nylig indkommet en **skiferspids** fra V. Stidre til Universitetets oldsamling. Vid.-Selsk, Skrifter, I. M.-N. Kl. 1906, No. 2.
9

Valdres for vestlandet, idet bygden i vikingetiden hørte til Gulatingslagen. Der er under Hallingdal nævnt de væsentligste grunde; de behøver ikke gjentas her. Vandskillet har naturligvis ikke dannet nogen uoverstigelig grænse for et jægerfolk, som det her boende væsentlig må ha været. Vang, en høitliggende og lidet frugtbar bygd, hvor selv i vore dage et dårligt år ødelægger høsten, kan neppe med stenalderens primitive agerbrugsredskaber ha frembudt synderlig gode betingelser for et agerdyrkningsarbeide. Materialet antyder også i al sin fattighed dette. Fra Lærdal er formodentlig bebyggelsen skeet, opigjennem Borgund, hvor vi tillige så at bebyggelse var skeet over Hemsedal til Hallingdal, og så over det 1000 m. høie Filefjeld ned til Vang; vi kan også erindre, at denne vei mellem Bergen og Kristiania synes at ha havt ældgammel tradition; kongerne för den vei i vikingetid og senere.

Lavlandet fra Norderhov—Hole til Jevnaker pgd. ved Ransfjords sydende er gjennemstrømmet av Ranselven; noget større stenalderscentrum i Jevnaker pgd. kan man ikke egentlig påvise. I det godt dyrkede, åbne land mod fjorden her er kun få fund gjort i forhold til det dyrkbare land. Det er først egentlig ved Gran—Brandbu pgd., at der møder os en ny stenaldersbygd, den siste i rækken i dette vasdrag. Ved Røikenviken modtar Ransfjorden tilløbet fra sjøen Jaren, der optar i sig den i Gran—Lunnerbygden syd-nord rindende elv. Et prægtigere strøg, fuldt av velstelte, rige gårde, kan man lede længe efter i Norges rige. Hele dalsiden er tæt av ager og eng, på østsiden høit op mod den høitliggende skog, på vestsiden lige ned til Ransfjorden. Og stenaldersfundene vidner tillige om, at der i samtlige perioder har været rig bygd her. Også på Ransfjordens vestside er en skafthuløx fundet.

Følges fjorden videre opover, er der en siste antydning til stenaldersbygd på Ransfjordens østside ved *Hov* og S. *Land* pgd., hvor enkelte fund er gjort i den veldyrkede dalside.

Om fremtrængen til vasdragets udspring, — hvorpå der nævntes exempler ovenfor ved andre vasdrag — vidner her fundet av en skafthuløx i Etnedalen, tilh. S. Aurdals pgd. Dette er tillige det øverste fund i Ransfjordvasdraget; ved N. Land stanser således stenaldersbebyggelsen av Ransfjord-vasdraget, som vi nu har fulgt helt op.

Hermed er vi færdig med det store vasdrags bebyggelse, der løb ud ved Drammens by, og vi kan atter ta fjorden fat. Den næste stenaldersbygd, der møder os på vor vandring rundt Kristianiassjorden, er Sande pgd. JL. Allerede i ældre stenalder, særlig på de butnakkede øxers tid, var Sande et rigt pgd.; fortræffelig er også beliggenheden av dette nutildags så veldyrkede land, hvor gårdene grupperer sig om elven i dalbunden. Strøget er i og for sig lidet av udstrækning, og elvens løb er ikke langt. Desto mere interessant er det, at fundene fra begge yngre stenalders perioder er særdeles rige. Helt op imod Skoger, hvor nu også en rig bygd ligger nordenfor Sande, er fundene forholdsvis tætte og holder sig jevnt helt ned til Sandebugten ved fjorden. Bygden har i stenalderen havt mange fordele og har som flere av bygderne været uden landkommunikation med andre bygder.

Vi kan herfra atter fortsætte kystvandringen og vil da, mærkeligt nok, ved Holmestrand by træffe på en skafthuløx, f. ved jernbanestationen. Forholdene her er: en liden flad bred ved sjøen under en brat fjeldvæg. Når betænkes, at adgangen til fiske er åben her, er fundet — isoleret som det er — forklarligt.

Jarlsberg og Larviks amt, det distrikt som nu i korthed skal gjennemgåes, er et rigt stenaldersamt. Vi kan skille flere bygder; men jeg vil på forhånd gjøre opmærksom på, at forholdene i dette flade og veldyrkede amt er således, at flere av bygderne naturligt går over i hinanden — dog uden at høre sammen 1.

I Borre pgd. ved kysten er enkelte fund gjort. Mængden er ikke imponerende, men vi tør alligevel kalde dette rige grusterræn for et godt stykke stenaldersland; der falder en elv ud fra Borrevandet, hvis høide o. h. er 10 m.

De rigeste stenaldersbygder grupperer sig omkring den elv, der fra Revuvandet i Fon s., Ramnæs pgd. rinder gjennem Ramnæs ned til Sæm og falder ud ved Tønsberg by, og på sin vei modtar tilløb fra Våle og Botne bygder; den kaldes i alm. Aulielven.

Særlig er Sæm pgd. ved Tønsberg, det rige, lavtliggende herred, særdeles vel besat med stenaldersfund. Som hørende til præstegjældet, men til et eget vasdrag, må nævnes Slagen stenaldersbygd, hvor adskillige fund er gjort i det veldyrkede land her. Auli-Elven modtar i Sæm et lidet bivasdrag fra Vivestad (sogn til Ramnæs pgd.) en ganske god stenaldersbygd, hvor det dyrkede land i den lille vakre dalbund er kranset av skog. Fra Sæm kan hovedelven følges til Ramnæs, en god stenaldersbygd, hvor terrænet er sen jævn, frugtbar mod syd svagt heldende lerslette, omgivet av syenitfjelde; det er føgderiets beste kornbygd, men den

Ved Jarlsberg og Larviks amt er benyttet prof. Helland: Jordbunden i Jarlsberg og Laurviks amt. Norges Geologiske Undersøgelse no. 16.

er for en stor del blottet for skog. (Helland l. c. p. 139). At der i denne bygd har været rigdom, vises bl. a. av de hellekister fra stenalderen, der er fundne her, omtalte ovenfor kap. I, p. 9.

Ad hovedelven, der nu kaldes Storelven, når vi op til *Våle* pgd., hvor hovedbygden egentlig er beliggende i et bivasdrag. Det er en god stenaldersbygd uden stor rigdom. I bivasdrag ligger også *Fon* s. (til Ramnæs p.), der har ydet endel stenaldersfund.

Hovedelven fører os videre opover til *Botne* pgd. hvor ikke få fund antyder god bebyggelse i den åbne, veldyrkede flade.

Hermed er i det væsentligste bebyggelsen av dette vasdrag omtalt.

Kyststrækningen fra Tønsberg til Larvik frembyder lidet av væsentlig interesse.

Omtalt er allerede ovenfor (p. 116) øbebyggelsen, der her træder frem. Både *Nøterø* og *Tjømø*, begge store, nutildags godt dyrkede øer, kan regnes som stenaldersøer, formodentlig sædet for en befolkning, der mere end de hidtil nævnte har været beskjæftiget med *fiske* som hovednæringsvei.

De mange stenaldersfund på fastlandet i denne kyststrækning kan samles under en stenaldersbygd Stokke-Sandeherred-Tjolling pgd., hvor bebyggelsen i det væsentlige holder sig til raet, den store grusmoræne, der her dominerer landskabet. Særlig rige er Sandeherred og Tjølling, hvor den større mængde fund samler sig langs kysten.

Her møder os atter et vasdrag, det siste av de større, som præger bebyggelsen i stenalderen, ganske som de gjør det nutildags, nemlig **Numedalsvasdraget**, der med Lågen springer ud på Hardangervidden og løber ud øst for Larviks by. Det er modsat de øvrige hidtil gjennemgåede vasdrag — ikke nogen rigdom, der møder os i dette vasdrag, og ingensteds fund, der tillader benævnelsen stenaldersbygd, som den ovenfor er anvendt. Det er kun enkelte fund, der vidner, at bebyggelse ikke helt har manglet, men at der har været stenaldersfolk her, omend ikke mange.

Lågen fra mundingen til *Hedrum* pgd. er ved bredderne omgit av godt dyrkede gårde i et lidet, men rigt bælte ved elvebredden. Fundene vidner her om adskillig bebyggelse; de er ikke så få. De samler sig ikke egentlig i noget centrum, men ligger langs elven opover. Og dette er

ret naturligt, når det erindres, at det dyrkbare areal er et smalt bælte langs elven hele veien.

Ved Aasrumvandet modtar Lågen på østsiden et vasdrag fra Andebu pgd.; det er at mærke, at fundene følger dette vasdrag til Gogsjø samt øverst i Andebu, ikke rigt, men dog vidnende om bebyggelse.

På samme måde som fundene lå i Hedrum, ligger de hele veien nordover Lågen: tæt ved elvebredden, hvor gårdene i vor tid ligger på lerslette eller sandmæle lige under den skogbevoxede ås. I Lardal p. er adskillige fund gjort på denne måde. Ligeledes træffer vi dem i Sandsvær pgd. s. f. Kongsberg, hvor elvetrakten har ganske samme terræn. Fattigere blir nu fundene længere nordover i den langsomt stigende dalbund. I Flesberg pgd., hvor sandmoer av den mest udprægede slags gir adskillig plads for bebyggelse, er gjort kun et eneste stenaldersfund. Landskabet er her ens, — flad dalbund omgit av stedse høie fjelde — lige op til Nore pgd., hvor endel fund virkelig findes. Her stanser imidlertid bebyggelsen av det Numedalske vasdrag.

I samme grad som det for Hallingdal—Valdres er skeet, lar der sig ikke her påvise nogen indflydelse i bebyggelsen av vasdraget fra vestlandet. Og det var vel ikke heller meget rimeligt, at sådan her skulde findes, når man betænker den svære Hardangervidde, der stænger. Det øverste fund her er en tyknakket ox av flint fra Rennekvammen i Opdal. (C. 20198).

I Larviks by falder ud den lille korte elv fra Farrisvasdraget, hvor endel bebyggelse findes. Her er nutildags væsentlig skogbygder, dog med dyrket land indimellem. I ældre stenalder var Farrisvandet en fjord med mange lune, små bugter; her skulde derfor formodes at findes bopladser adskillige steder. Kun liden er den oplysning, vi får av fundene fra yngre stenalder. Dog sees det, at vi i bygden Slemdal pgd. kan konstatere tilstedeværelsen av stenaldersfolk, omend sparsomt.

Kysten mellem Larvik og Skien, Brunlanæshalvoen, har også i ældre stenalder været særdeles godt beboet av en befolkning, der antagelig har søgt sin væsentligste næring i havet; vi kjender her et godt bopladsstrøg ved Torpevandet. På denne lille rige og frugtbare halvø med sit lavtliggende, overskuelige terræn, hvor også bronzealdersmenneskene har fundet udmærket tilhold, er stenaldersfundene relativt ganske tætte. Det er tydeligt nok, at også den yngre stenalders folk her har næret sig

væsentlig av havets rigdom — ganske som bønderne nutildags selv på de største gårde ved siden av jordbruget reiser på sjøen efter fisk.

Også i de mindre bugter, der går ind fra Skiensfjorden, er gjort et eller andet stenaldersfund. Således ved Langangen kapel og ved Eidanger, hvorfra forøvrigt også butnakkede øxer er kjendt.

Fra Skien går vi nu op det siste av de store vasdrag, der har tegnet os bebyggelsens historie, nemlig **Skiensvasdraget**. Høiderne av indsjøerne Norsjø og Hiterdalsvand er ikke mere end henholdsvis 15 og 18 m. og fortæller derfor om, at de i ældre stenalder og en del av yngre har været led i en fra havet indgående lang, trang fjord. Bebyggelsen opigjennem dette indviklede vasdrag er nu ikke særdeles overvældende rig. Vi må snarere forundre os over, at her ikke er mere rigdom på fund, end der er, omend dette kan skyldes, at adgangen til museerne ikke er så ligetil fra Telemarksbygderne. Ved Skienselven findes kun få fund, der fører os ind i Norsjøen. Ved Hollen, hvor der nu er en rig og åben bygd, er mærkelig få fund gjort.

Norsjøen modtar her Bandaksvasdraget, der er fattigt på fund. Rigtignok er her den hele vei overveiende skogtrakter, en omstændighed, der naturligvis forklarer meget. Kun øverst i Bandak, ved Dalen og ved Triset i Laurdal pgd., er gjort fund, endogså av tyndnakkede øxer, der vidner om, at stenaldersfolket fra tidlig tid har vidst at benytte sig av den udmærkede færselsvei hid. Kun et fund — en skafthuløx — er gjort i den høitliggende Vinjebygd, ovenfor Bandak, — og hermed stanser bebyggelsen for dette vasdrag.

Norsjø modtar i nordenden av vandet tilløb fra Seljord gjennem Bø og fra Hiterdal gjennem Saude pgd. Herav er både Bø og Saude — egentlig regnet sammen — relativt ganske rige stenaldersbygder. Landskabet er her delvis nokså frugtbart med ialfald for en del veldyrkede gårde. Også til *Seljord* pgd. har stenaldersfolket trængt frem, hvilket vises av enkelte fund, kun flintblade og pilespidser, vidnende om jagt.

Ad vasdraget til Hiterdalsvandet gjennem Saude kommer vi til Hiterdal pgd., hvor der er en pen samling fund på den dyrkede flade ved nordsiden av vandet. De tyknakkede øxer er i majoritet, men fundet av en spidsnakket øx viser dog tydeligt her hen på beboelse gjennem hele stenalderen.

Elven fra Tinnsjø til Hiterdal er en ufarbar elv med mange fossefald og omgit av skogtrakter, hvor ingen stenaldersfund er gjort. De siste møder os ved *Hovin* på Tinnsjøens østside, samt nordligst ved sjøen i Østbygden pgd. Her stanser praktisk talt bebyggelsen; det er at mærke, at den tyndnakkede øx også går helt hidop.

Tinnsjøen modtar to vasdrag, det ene fra Maarvandet, hvor der i fjeldet er fundet pilespidser, der vidner om jagtbesøg i stenalderen. Det samme er tilfældet med vasdraget fra Møsvandet, hvor både her og i Vestfjorddalen er fundet enkelte pilespidser.

Der står nu kun tilbage at omtale bebyggelsen på kyststrækningen fra Skiensfjorden til Lister¹. Et blik på kartet er tilstrækkeligt til at udtale, at bebyggelsen her må ha været spredt og ufuldkommen, og dernæst at fundene (næsten samtlige) må betegne en fiskerbefolkning indimellem disse trange og mange fjordbugter. Kun få steder ved fjordbundene og lidt op fra kysten, hvor nutildags en liden grøn agerflek gir bidrag til gården, er der gjort stenaldersfund, der tyder på noget mere end fiskeriet, omend dette tør ha været hovednæringsvei.

At gjennemgå nøiagtig disse fund ét for ét, vilde være unyttigt. Jeg skal pege på de væsentligste momenter. Ved Kragerø by, hvor nu en samling øer beskytter indseilingen, er endel fund gjort på disse øer. Mærkelig er fund fra den yderste av dem, grusryggen Jomfruland, resterne av den store moræne, vi i Brunlanæs og Tjølling havde i raet. Denne øbebyggelse er før omtalt og vidner da i korthed om fiskerbefolkning.

Mærkelige er imidlertid tre fund tilhørende det ved Kragerø udløbende vasdrag Tokevand, hvor særlig er mærkværdig den groruditøx av spidsnakket type fra Drangedal, fra gården Brøsjø, der ligger i Heldølas vasdrag, tilløb til Tokevatn, hvor trakterne for det meste er skog. Denne øx bør der lægges megen vægt på; dens beskaffenhed fortæller om en særdeles omhu i bearbeidelsen, idet groruditen (se bilag l) iethvert tilfælde må være hentet fra kysten, eller sansynligere fra Kristianiatrakterne. Når nu en sådan øx findes her, oppe i Drangedal, er det rimeligt, selv om man går ud fra, at den er »tilfældig tabt«, at den tillægges en viss vægt. Ved selve Tokevandet er også fundet en øx, av tyndnakket type (i Rørholtfjorden); strækningerne er skogrige, lidet dyrkede. Fundene skriver sig imidlertid, som venteligt, fra de dyrkede gårde. Det øverste er fundet av en skafthuløx i Tørdal. Få som disse fund er, er de dog vigtige vidnesbyrd om bebyggelse av vasdraget, i dettes dyrkbare dele.

Inderst i Kilefjorden ved Kragerø er også enkelte fund gjort, ganske i lighed med sådanne fra den længere sv. liggende Søndeleds-

¹ Strængt tat horer dette strog (fra Kragerø av) neppe med til det sydøstlige bækken i Norge. Se dr. Reusch i "Norge i det 19 århundrede" I, p. 53.

fjord; her har allerede i ældre stenalder existeret nogen bebyggelse, idet der er fundet Nøstvetøxer og butnakkede øxer her. (Vormeli). Også her møder vi, i al sin sparsomhed, vasdragsbebyggelse, idet der i Gjerstad er gjort et par fund.

Ved Arendal har også i ældre stenalder været bebyggelse (butnakkede øxer). Her er gjort enkelte fund fra øerne Tromo og Hisø fra yngre stenalder, ligesom der på fastlandet ved fjordbunden har været bebyggelse, vel væsentlig av en fiskerbefolkning.

Aldeles mærkelige er to fund fra Fyresdal pgd. På hele den lange vei fra dette vasdrags udlob (Nidelven) er ingen stenaldersfund gjort. Dette behøver jo for dette strøgs vedkommende ikke bety, at der ikke findes fund. Forbindelsen med Kristiania eller Arendal er liden, og interessen for jordfundne sager formodentlig diminutiv her.

I *Fjære* pgd. møder os enkelte fund. Det bør stadig erindres, at bebyggelsen strækker sig over hele stenalderen (yngre), idet ligefra spidsnakkede øxer til skafthuløxer følger os hele veien nedover.

I Topdalsvasdraget og Sætersdalsvasdraget, der begge løber ud ved Kristianssand, er der gjort fund, der vidner om bebyggelse. Særlig er i det siste vasdrag gjort fund helt op til Hyllestad i Valle pgd., der altså tyder på fremtrængen til det øverste av vasdraget.

Endskjønt vandskillet mellem det østen- og vestenfjeldske Norge ikke helt er nået her (Lister tør regnes for grænsen), har jeg dog avsluttet gjennemgåelsen her, av forskjellige grunde. Og noget yderligere bidrag til hovedresultaterne tør ikke påregnes fra de fattige bygder her borte. Vi skal da til slutning gjennemgå det væsentligste av de ved gjennemgåelsen opnåede resultater.

Ovenstående gjennemgåelse av den yngre stenalders fund i det sydøstlige Norge har i hovedtrækkene git os et billede av bebyggelsen av denne del av landet.

Det kan fastslåes som en kjendsgjerning, at bebyggelsen av landet er foregået efter vasdragene. Dette tilfredsstiller kun den almindelige regel om al bebyggelse i et dal-rigt land som Norge. Vigtigere er det, at bebyggelsen ikke går væk fra vasdragene, men som regel holder sig strængt til disse. Vi står her ligeoverfor et av de interessanteste punkter ved bebyggelseshistorien. Det er i ovenstående gjennemgåelse forsøgt udhævet, at stenaldersfundene fortrinsvis, ja overalt, er gjort i de dyrkede bygder, i de beste dalstrøg. Herfra uden videre at slutte, at årsagen har været, at stenaldersfolket har søgt det dyrkbare land, er imidlertid ikke korrekt. Årsagen er visselig tildels at søge heri, men som de nyeste topografiskarkeologiske undersøgelser viser, er det neppe dette, der har været det

avgjørende for bebyggerne i neolitisk tid. Hovedårsagen har været forholdet til skogen og det åbne land.

Der Urwald ist der Feind und nicht der Freund des Menschen« sier Prof. J. Hoops i sit store værk »Waldbäume und Kulturpflanzen« 1, hvor særlig disse forhold er underkastede en kritisk prøvning. Det er lærerigt også for vort lands bebyggelseshistorie at sammenligne, hvad denne forsker bemærker herom.

Den formodning ligger nær, at jordbundens frugtbarhed for neolitikerne ved valget av bopladse har gjort udslaget. Dette er ved valget av plads for den enkelte bolig naturligvis rigtigt, men som forklaring av beboelse eller ikke-beboelse av større egne strækker dette synspunkt ikke til. Ikke alle gamle kulturområder er frugtbare. Og med exempler påvises det også, at mange er de neolitiske beboelsescentra, der langt fra er de frugtbareste med hensyn til jordbund. Nybyggerne har altså fremforalt søgt åbne, barskogfrie egne: udkanter av skogene, dalsider, eller rettere dalterrasser, og hvor det i vort land fandtes: sletter, enten de nu var frugtbare eller ikke. Dette har været hovedhensynet for al bebyggelse i neolitisk tid.

Ved den gjennemgåede del av Norges bebyggelseshistorie var det da av vigtighed, om det kunde påvises, hvorvidt de egne, der har været beboede, i større grad har været fri for barskog. Vi savner midler til direkte påvisning herav, men vil vel kunne komme det virkelige forhold nogenlunde nær ved en sammenligning med de nuværende forhold. Rigtignok ved vi ikke, hvilket træ har havt overvægten i yngre stenalder; det er troligt, at *eken* har havt større udbredelse; sikkert er det også, at *furuen* da som nu har havt stør udbredelse. Derimod tør det ansees som temmelig avgjort, at *granen* i alle fald under den ældre del av yngre stenalder har havt betydelig mindre udbredelse end den nutildags har. Man er på det rene med, at dens indvandring fra Finland er foregået i forholdsvis sen tid².

Gjennemgåes da de enkelte dalstrøg, er enkelte ganske oplysende. Som modsætninger kan sammenlignes *Aremark—Rodenæs*-vasdraget og *Glommens* vasdrag. Man ser av oversigtskartet, hvor strengt fundene i det første holder sig til selve vasdraget, mens de derimod i Glommens vasdrag tildels breder sig udover på enkelte steder. Nu ved vi, at Aremark—Rødenæs-vasdraget i særlig grad nutildags er omgit av skog, svær og tæt granskog. Bebyggelsen i stenalderen synes da virkelig at antyde bar-

¹ Prof. Dr. Johannes Hoops: "Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum." Strassburg 1905, p. 91.

² Jens Holmboe: Planterester i Norske Torvmyrer. Vidsk.selsk. Skr. M.-N. Kl. 1903, no. 2, p. 210 f.

skogs tilstedeværelse allerede i neolitisk tid. På den anden side synes sletterne og det åbne terræn på mange steder i Glommens vasdrag at tyde på, at disse, allerede dengang de bebyggedes, i det høieste har været dækkede av åben løvskog (ek). En av de mest karakteristiske, Romerikssletten, har allerede i yngre stenalder en god bebyggelse. Endnu mere karakteristisk er kanske fladerne omkring Mjøsen. Når man ser på oversigtskartet, er det aldeles tydeligt, hvor fundene her ligesom spreder sig udover, og meget mere end det på andre steder kan påvises. Men så må på den anden side atter Østerdalens mangel på stenaldersbebyggelse sikkert antyde, at her har været barskogmasser som nutildags, siden ikke befolkningen har slået sig ned her mere, end den har gjort.

Åbne, dækkede av gles løvskog må de også ha været, bygderne ved Kristianiafjordens bund, As—Ski—Kråkstad og Aker-bygderne. Og en lignende slutning tør være berettiget for Sandes vedkommende, hvor fundene så at si slår bro mellem Drammen og Sandebugten. Atter igjen tør de store vasdrag, Hallingdal og Valdres, ha budt mindre gode betingelser, hvad angår det åbne, solrige terræn. (N. og S. Aurdal i Valdres, Nes og Gol i Hallingdal). Vigtigt er det også, at fundene i hele Jarlsberg breder sig udover og lader formode mindre udbredelse av barskog her. I disse egne må for stenalderens vedkommende den nu ikke lidet udbredte bog fraregnes, mens eken temmelig sikkert har havt langt større udbredelse.

Nogen detaljering av dette interessante spørgsmål er ikke muligt at gjennemføre med det ringe kjendskab, vi har til vegetationens historie i dette tidsrum. Men sikkerlig vil et fremtidigt studium kunne klargjøre mange av disse forhold. Dr. Andr. M. Hansens påvisning av origanumflorans voxesteders tydelige samhørighed med den ældre bebyggelse synes at fortjene al opmærksomhed fra arkeologernes side. Vi kan blot bli stående ved det hovedresultat, at de nuværende frugtbareste bygder ikke altid har været de beste stenaldersbygder. Disse er at søge på de åbne, forholdsvis skogløse steder; ofte falder de vel sammen med de gode kornbygder i moderne tid.

Der er et andet forhold ved bebyggelsen i stenalderen, der fortjener opmærksomhed. Hvor der i en bygd har været bebyggelse i ældre stenalder, er det tydeligt, at denne har fortsat sig direkte i yngre stenalder. Særlig klart er dette ved f. ex. *Modum*, eller *Sigdal* og *Eggedal*, hvor det ovenfor nævntes (p. 128), at der forekom butnakkede øxer. Således er det f. ex. ved Modum påfaldende, at yngre stenalders fund ligesom i direkte

fortsættelse av den ældre stenalders grupperer sig om Tyrifjordens strande, da der dog fandtes vel dyrkbart land indenfor elven mellem Hougsund og Tyrifjord. Traditionen har opretholdt veien fra ældre stenalder.

Det er i virkeligheden et ganske godt grundlag for betragtningen av bebyggelsens gang, der er erholdt ved denne gjennemgåelse av fundene fra sydøstlige Norge. Det synes allerede nu tilstrækkeligt til at kunne frigjøre den almindelige mening fra enkelte i nyere tid fremsatte dogmer om stenalderen, og desuden danne grunden for en fortsat gjennemarbeidelse i detaljer av denne kulturperiode.

Kardinalpunktet, som må tas op til betragtning, er spørgsmålet om disse talrige fund, vi nu har gjennemgået og fundet at være udbredt efter en mærkelig sikker lov, — om de repræsenterer fast bosætning eller ikke. Det første dogme, som vi her træffer på, indeholder det postulat, at så er ikke tilfældet. Dr. Andr. M. Hansen har uden videre gået ud derfra. Andre steder træffer man også på det.

Hvad der menes med fast bosætning, er jo i sin kjerne dette: fast bosætning eier kun et folk, som samtidig nærer sig både ved fædrift og agerdyrkning¹. Fædrift alene kan repræsentere nomade-flokke; men det er på den anden side ikke udelukket, at et folk, som omtrent udelukkende nærer sig ved fædrift, også kan have havt fast bosætning. Hvis det derfor kan godtgjøres, at stenaldersfundene repræsenterer fast bosætning, følger herav med sansynlighed, at folket har drevet fædrift og agerbrug — naturligvis ved siden av fiskeri og jagt.

Det første punkt, jeg vil pege på, er fundenes fordeling i forhold til den ældre stenalders bopladse. Vi kjender ikke få sådanne; ikke ved en eneste en av dem er det med sikkerhed påvist, at bosætningen har fortsat udover den ældre stenalders tidsgrænse. Man kan ikke godt forklare dette ved en henvisning til nivåforholdene; dette strækker ikke til ved en boplads som f. ex. ved Torp i Brunlanæs, hvor selv under nuværende forhold beliggenheden må betegnes som ret gunstig. Eller f. ex. Ormeli i Søndeledsfjorden. Dette er vistnok et ubetydeligt moment; men noget tør derav sluttes: de ældre stenaldersfolk har tildels været omflakkende. De har beboet stedet i ikke ganske kort tid på adskillige steder, men er så dragne videre til andre og bedre steder. Et sådant forhold lar sig ikke konstatere for den yngre stenalders vedkommende. Fundene har en helt anden karakter.

Det er jo ikke udelukket, men ialfald udenfor regelen, at agerbrug kan drives også av nomader. Man har jo exempler herpa i Bag-Indien og N. Amerika. [Salmonsens konversationslexikon. B. XII, p. 418.]

Dernæst, når vi ser på disse fund, som de på kartet er fremstillede, ser vi, at det areal, de indtar, er større, og tætheden inden de enkelte områder er anderledes fordelt, end den ældre stenalders fund: antallet av dem er betydeligere, ikke alene absolut, men også relativt. Mens man fra ældre stenalder har på en boplads en del øxer, der alle kan regnes til samme fund, d. v. s. skriver sig fra en bestemt liden menneskeflok eller stamme, så kan vi om den yngre stenalders fund intet avgjøre i denne retning med bestemthed. Men vi kan kommme meget nær en avgjørelse. Tar vi f. ex. et område som Hole-Norderhov i Buskerud, der i mange henseender er en type på det, jeg i min gjennemgåelse av fundene har kaldt en stenaldersbygd, så findes her en række enkeltfund, der i almindelighed forklares som »tabte tilfældig« eller — ifølge en anden forklaring — som »nedlagte i en bestemt hensigt«. Jeg vil da gjøre opmærksom på, at der på en enkelt gårds eiendomme på forskjellige steder er fundet både en spidsnakket, tyndnakket, tyknakket og skafthul-øx o: der er fundet sager fra samtlige perioder inden stenalderen. Selv om man vilde medgive, at alle disse øxer fra forskjellige perioder av den yngre stenalder skulde kunne være tabt på en og samme gård, altså inden et ganske lidet og begrænset område, så synes det jo dog lidt vanskeligt at forene denne opfatning med den antagelse, at alle disse tilfældige tab skulde skyldes et vandrefolk. Allerede et sådant tilfælde gjør mistænksom. Men når tilfældene dernæst forfleres i stort antal for alle vore større stenaldersbygder, blir forklaringen mere end mistænkelig. Og hertil kommer - som det væsentligste - at alle disse fund er gjort på dyrket mark og udelukkende på sådan. Hvis der her blir gjort den indvending, at dette er selvsagt, da det er ved pløining man finder stenalderssager, og man pløier ikke i udyrkbar mark, så må jeg hertil svare, at det er jo alligevel en bekræftelse, ikke nogen indvending: fundene er altså hidtil udelukkende gjort på dyrket mark. Og yderligere bekræftelse får vi i jagtfundene fra fjeldene udenfor den dyrkede mark! Det er pilespidser, der er tabt på jagt. Der er ikke fundet vidner om nogen bosætning her. Der er gjort henimod 3000 fund i det område, vi har gjennemgaaet. De er - omtrent alle, eller ialfald alle, der har betydning, - gjort på dyrket mark. De samler sig om enkelte nutildags gode områder. De er tætte, hvor der nu er prægtig jord at dyrke, -- mindre tætte, hvor bygden er fattigere. De følger altså i det store og hele det dyrkede lands område. For end yderligere at styrke betragtningen vender jeg atter tilbage til ældre stenalder og dens bopladse. Disse var på det tydeligste bundet til en kystlinje. De søgte ikke nøget dyrkbart land. Det er utvilsomt. Bopladserne er ofte lagt på en rent besynderlig måde. F. ex. Giltvet (Hesleskog); enhver som har seet denne, klint opunder en brat væg med så

lidet rum, at man knapt kan snu sig, — eller Nøstvet, med lidt småbakket grundijeldsland, liggende opunder en av de mange små kupper, som her findes, rent udenfor det dyrkede område, vil jo være overbevist om, at forskjellen er stor. Ovenfor Giltvet, på sletten, hvor nu gården ligger, der er den yngre stenaldersfund gjort. Og søndenfor Nøstvet, på Ski—Vestbysletten, der er fundene gjort, som vi nu har gået igjennem. Og forskjellen kan ikke betyde andet end en gjennemgribende forskjel i næringsveie. Vi er ikke bundet til kystlinjen med den yngre stenaldersfund, men til det dyrkbare land indenfor. Med alt dette synes jeg ikke godt, vi kan komme nærmere sikkerheden for, at vi står overfor en i det væsentlige fast bosætning, med primitivt gårdsbrug.

Endnu et punkt vil jeg pege på, som har stor betydning til at styrke denne antagelse. Det er sammenligningen med Danmark og Sverige. Jeg har ovenfor (kap. III) udtrykkelig fremhævet det faktum, at der må ha været livlig forbindelse med Sverige og Danmark - livligere end man har forestillet sig, da hvert eneste kg. flint er indført, praktisk talt. Jeg har videre i forbigående gjort opmærksom på, at stenaldersgrænsen ikke er den politiske nuværende grænse, m. a. o. dogmet om, at når vi er over Bohusläns kyst, kommer vi til Norge, og at her skal alt være anderledes og fattigere, dette dogme, der ubevidst er er noget av det væsentligste i de almindelige stenaldersbetragtninger for Norges vedkommende, det har ingensomhelst rod i de faktiske forhold. Her har for stenaldersfolket været dyrkbar jord i Norge såvelsom i Sverige og Danmark; de har ingen forskjel gjort, det er vi, som gjør forskjellen nutildags i anlæg av betragtningsmåde. Dette vilde jeg først ha fremhævet. Og dernæst vil jeg fremhæve, at vi i Danmarks og Sveriges yngre stenalders befolkning kjender et fædrift- og agerdyrkende folk. Det er da en rimelig følgeslutning, at Norges sydøstlige område også heri ligner nabolandene, når de samme betingelser, omend i mindre grad, har været tilstede. Også i dette moment må sees en støtte for rigtigheden av den antagelse, at det norske stenaldersfolk i det sydøstlige område har været et fast bosiddende folk, der har havt til hovednæringsvei fædrift og agerbrug, på mange steder ved siden av jagt, og andre steder fiskeri.

Lad os tænke os den mulighed, at vi havde med en nomadiserende befolkning omtrent som den ældre stenalders at gjøre, og lad os da se, hvad fundene skulde indeholde, om de virkelig skulde støtte den betragtningsmåde. Til exempel kan tages en så rig stenaldersbygd som f. ex. Kråkstad—Ski (se kartet). Det blir vanskeligt at tænke sig »nomaderne« på dette tætte omrade ned igjennem hele yngre stenalder, ialfald typiske nomader; de må ha vendt tilbage til stadighed til de samme områder,

eller nye stammer ha vendt sig til disse steder, der før var brugte. Nu, med et, to og flere steder kan dette tænkes. Men når de tætte bygder blir så mange, og når det betænkes, hvordan landet er beskaffent: et minimum av beboeligt areal, så indtræder de befolkningsforhold, der naturnødvendigt ligefrem tvinger til fastere bosætningsforhold! Det går ikke godt længere med at forestille sig det norske stenaldersfolk på ustanselig vandring! Jeg vil derfor i modsætning hertil fremsætte en hypotes i denne form: der er overveiende sansynlighed for, at de større stenaldersbygder har huset en fast bosiddende befolkning i yngre stenalder i Norge. Undtaget er naturligvis fundområder, der tydeligt er jagtområder; men det er ikke mange. Og der er det allerede på forhånd usansynligt, at der har været »fast bosætning«, som f. ex. i Jotunheimen (!) eller på høifjeldet mellem Hallingdal og Voss, i Telemarksfjeldene. Praktisk talt blir derfor hypotesen av denne form: det norske yngre stenalders folk har været et fastboende folk, der har havt som hovednæringsvei fædrift forbundet med agerdyrkning, på de fleste steder vel forbundet med andre binæringsveie, hvorav primitive kulturfolk også lever, -- ved kysterne i ethvert tilfælde fiskeri, på mange områder jagt.

Men gravene — det er jo dem, der er dogmets hovedpunkt! Hvor der ikke er grave, der er ikke fast bosætning. Jeg har ovenfor omtalt sansynligheden av, at der findes norske stenaldersgrave (p. 8). Og med bortryddelsen av denne siste dogmatiske indvending ligeoverfor at betragte Norges stenalder som Danmarks og Sveriges, med de naturlige forholds begrænsning, må det ansees sansynliggjort, at Norge har havt en yngre stenaldersbefolkning ganske i lighed med Danmark og Sverige. Og så blir hovedresultaterne av gjennemgåelsen følgende.

1. Det sydøstlige Norge har under den yngre stenalder været beboet av en, efter omstændighederne, ganske tæt befolkning ikke alene langs kystlinjen, men tildels ganske langt opover dalførerne. Tættest er de rige egne i Smålenene og Akershus, Akersbygderne ved Kristianiafjordens bund, videre Sande pgd. i Jarlsberg, og endelig i særdeleshed Hole—Norderhov på Ringerike i Buskerud. Fattigst er strøget øverst i dalførerne; ligeså fattigt er kyststrøget fra Skien til Lister¹.

¹ Jeg har omtalt ovenfor, at mangelen på stenaldersfund fra adskillige kanter av landet kan tilskrives og forklares av mangelfulde forbindelser med Kristiania. Dr. Sarauw har i et brev til prof. Brogger, som jeg har havt anledning til at se, skarpsindigt gjort opmærksom på det interessante forhold i sin almindelighed, at hvor arkeologerne tror at finde en "hiatus" eller "lacune" av en eller anden slags, der har denne hiatus som oftest vist sig at bero på manglende "arkeologer" — d. v. s. på manglende interesse, hvad der noiere udtrykt vil si manglende kundskab inden vedkommende område. Dr. S. nævner karakteristiske exempler herpå.

For Norges vedkommende turde det være av betydning at se dette forhold klart i ginene. For det første har det den teoretiske betydning, at man ikke tør slutte av

For at få en tilnærmet oversigt over, hvad der egentlig skal regnes for et rigt eller fattigt strøg, er det ikke let at finde noget helt tilfredsstillende middel. Jeg har forsøgt følgende, der kun er forsøgsmæssigt og bare kan bli rigtigt til en viss grad: ved i et ager- og engrigt amt at sammenholde opgaver over fladeindhold og herav dyrkbart land — eller rettere dyrket land — og hermed at sammenligne stenaldersfundene får man en gjennemsnitsværdi, der ikke er helt ubrugbar til sammenligning. Vi kan først forsøge for Smålenenes amt, hvor opgaver foreligger i prof. A. Helland: Jordbunden i Norge. Norges Geol. Unders. No. 9.

| | • | | Dette udgjør | [Antal fund |
|-----------|------------------------------|------------|-------------------------|----------------------|
| | Ager og eng. | Sta. fund. | ı fund på hver | pr. km. ² |
| Id | 26.6 km. ² | 44 | 0.6 km.2 | 1.65 |
| Aremark | 39.7 » | 66 | 0.6 > | 1.66 |
| Berg | 34.4 > | 33 | <i>I</i> > | 0.96 |
| Skjeberg | 41.8 > | 28 | 1.6 » | 0.67 |
| [Hvaler | II.2 » | 3 | 3.7 > | o .2 6] |
| Borge | 9.4 * | 13 | <i>o.</i> 7 > | 1.4 |
| Varteig | I2.I » | 5 | 2.4 » | 0.41 |
| Glemminge | * O.11 | 7 | 1.5 > | o.63 |
| Tune | 40.4 > | · 40 | <i>I</i> > | 0.99 |
| Onsø | 34.6 » | 30 | I.2 > | 0.87 |
| Råde | 38.3 » | 19 | 2 , | 0.49 |
| Rygge | 33.3 • | 18 | r.8 » | 0.54 |
| Moss | IO.I » | 15 | 0.6 > | 1.48 |
| Våler | 35·5 » | 50 | 0.7 » | 1.39 |
| Hobøl | 33.8 » | 50 | 0.7 > | 1.49 |
| Rakkestad | 100.4 » | 37 | 2.7 > | 0.36 |
| Rødenæs | 33⋅7 → | 28 | I.2 » | 0,83 |
| Trøgstad | 77.2 » | 31 | 2. 5 » | 0.4 |
| Eidsberg | 84.5 » | 40 | 2.I » | 0.47 |
| Askim | 35.8 > | 9 | 3 * | 0.25 |
| Skiptvet | 35.6 » | 31 | 1.9 » | 0.87 |
| Spydeberg | 43.8 » | 58 | 0.8 » | 1.32] |

hvad der ikke foreligger til nogen "hiatus" eller "lacune". Man vil temmelig sikkert for en del finde forklaringen i findernes større eller mindre interesse. Hvor der i en bygd som f. ex. Sande eller andre åbne trakter med gode kommunikationer er forbindelse med kundskaben, d. v. s. museet! — der vil bonden med ganske andre øine, næste gang han finder en stenøx, se på denne, end den første gang, han var uden kjendskab og slog øxen istykker for at se, hvordan den så ud indi. Men dernæst har spørgsmalet en praktisk betydning: ved museerne befindes det påfaldende, dersom flere stenaldersfund fra en bygd, hvor man før lidet kjendte, i løbet av kortere tid kommer ind. Det er selvsagt, at når inden en bygd én gang et stenaldersredskab har vakt opmærksomhed, så vil det ikke vare længe, inden man får mere herfra.

Regner vi ud middeltallet for rubrik 3, når vi undtar Hvaler, som liggende udenfor centret, får vi 1.4, et tal, der muligens er lidt for høit, da Rakkestad har et urimelig stort areal dyrket land. Dette betegner altså, at der i Smålenene gjennemsnitlig findes et stenaldersfund (fra yngre stenalder) for hver 1.4 km.² Dette tal — tætlæden kan det kaldes — er godt til sammenligning. Vi kan kursivere de bygder, som da er bedre end midlet. Og vi får da, at til det rigeste hører Id-bygden samt Aremark-Rodenæs-vasdragets centrum. Strøget fra Fredrikshald—Råde må også regnes for rigt. Rigere endnu er Moss—Våler—Hobol, som ovenfor påpeget. Endelig er Spydeberg en rig stenaldersbygd.

Regner vi ud gjennemsnittet for rubrik 1, får vi et middeltal av 39.2. Dette er noget for høit på grund av Rakkestads store dyrkede areal. Regner vi med det, blir der nogen overensstemmelse mellem de her kursiverede tal og de kursiverede i rubrik 3. At Skjeberg f. ex. ikke kommer med i rubrik 3, er betegnende; forklaringen er git ovenfor: det dyrkede areal i Skjeberg er først i seneste stenalder blevet dyrkbart. Det samme er tilfældet med Råde, Berg og Onsø for en del. De er at regne for rigt dyrkede bygder. Ved et exempel som Borge eller Moss pgd. må der naturligvis også tas hensyn til de absolute tal.

Vi ser i det hele taget, at udregningerne må anvendes med forsigtighed og skjønsomhed. Man må kjende alle årsagsforhold.

Lad os så til sammenligning forsøge samme fremgangsmåde ved Akershus, hvor opgaverne over ager og eng er tat fra Joh. Vibe i Norges Land og Folk II.

| | | | dyrket g eng"). | Antal sta. fund. | | udgjør på hver |
|------------|---|------|--------------------|------------------|------|-------------------|
| Feiring . | | 9.8 | km. ² | 2 | 4.5 | km.² |
| Hurdalen | • | 13.5 | > | 1 | 13.5 | » |
| Eidsvold. | • | 56.7 | » | 32 | 1.7 | * |
| Nannestad | | 45.6 | » | 12 | 3.8 | > |
| Gjerdrum | | 21.7 | >> | 4 | 5.4 | > |
| Ullensaker | | 61.5 | > | 47 | 1.3 | > |
| Nes | | 75.2 | * | 51 | 1.4 | » |
| Nitedalen | | 24.5 | » | 3 | 8.1 | » |
| Skedsmo | | 37.3 | » | 42 | 0.9 | » |
| Sørum . | | 39 | ** | 27 | 1.4 | » |
| Urskog . | | 47.9 | ,,, | 11 | 4.4 | > |
| Høland . | | 68.4 | » | 21 | 3.3 | » |
| Enebak . | | 41.6 | * | 16 | 2.6 | » |
| Fet | | 33.3 | » | 22 | 1.5 | > |

| | Der er dyrket ("ager og eng"). | Antal sta. fund. | Dette udgjør I fund på hve |
|------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Asker | . 24.6 km. ² | 26 | 0.9 km. ² |
| Bærum | . 38.4 » | 23 | 1.7 > |
| Aker | . 82.8 > | 74 | I.I » |
| Nesodden . | . 12.3 » | 9 | <i>I.3</i> > |
| Kråkstad . | . 38.2 > | 88 | 0.4 > |
| Aas | . 34.5 > | 4I . | 0.8 » |
| Vestby | . 35 » | 47 | 0.7 » |
| Frogn | . 18.1 » | 10 | 1.8 » |

Tarveligt som dette grundlag nødvendigvis må bli, kan der dog sies følgende: middeltallet av værdierne for tredie rubrik gir et gjennemsnitlig tæthedstal av 2.8. Tallet er dog noget for høit; der skal i virkeligheden et mindre fladeindhold til; det blir for stort ved at ta med bygderne Feiring og Hurdalen, der ligger noget udenfor bebyggelsesområdet (ovenfor p. 119). Tar vi dem væk, får vi for hver 2.02 km.2 et stenaldersfund. De bygder, der da blir rige, er i rubriken efter dette tal kursiveret 3: de bygder, hvor der er flere fund på km.2 end midlet. Vi ser efter dette, at Akershus er et rigt amt, men ikke fuldt så tæt befolket i yngre stenalder som Smålenene; særskilt rige er først og fremst Krakstad pgd., ganske som omtalt ovenfor, idet der her går over 2 fund på 1 km.2, og dernæst As og Vestby pgd. Dette vil praktisk talt si, at Kråkstad-Vestby-Ås er en av de best kjendte stenaldersbygder fra Norge, om ikke den beste. Gjennemsnitsstørrelsen for det dyrkede areal er omtrent 35 km.2. Kursiveres da de pgd., der har et større dyrket areal end dette, synes det, som om der blir et misforhold mellem de nuværende rige bygder og de beste stenaldersbygder. Men misforholdet er let forklarligt. Lad os nemlig se på de rigeste i rubrik 1. De er Eidsvold, Nannestad, Ullensaker, Nes, Sørum, Urskog, Holand, Enebak, Bærum, Aker og Kråkstad. Her er kursiveret de, som ikke hører naturligt med til stenaldersbebyggelsens hovedtræk (ovenfor p. 115 og 119). Hvad angår Kråkstad og Aker, Bærum, Sørum, Nes, Ullensaker, så er de i rubrik 3 kursiverede, d. v. s. stenaldersbygderne her er virkelig over midlet. Det er bare Enebak og Nannestad, som ikke kommer med; det er jo ikke udelukket, at det er et forhold, som senere vil rettes på. Ganske rige er dernæst, som vi ser, centret ved Kristianiafjordens bund (Aker, Bærum og Asker). Videre er centret om Øierens nordende (Fet, Skedsmo og Sørum), endelig Glommensvasdragets beste bygder Nes og Ullensaker, forholdsvis rige. Eidsvold kommer med øverst oppe, et moment av betydning. De, som ikke kommer med i kursiveringen, er da foruden Feiring og Hurdalen, som er udelukkede (Hurdalen med 13.5!), først Romeriksslettens Nannestad og Gjerdrum. Dette behøver ikke være påfaldende, da begge bygder ligger et stykke fra hovedvasdraget. Mere karakteristisk er det, at Nitedalen ikke kommer med, og det så overveiende (8.1!). Dette vasdrag kan ikke ha indbudt til bebyggelse på nogen måde. At Urskog og Hølahd ikke kommer med, er også karakteristisk. De er bebygget fra Aremarkssiden; landet har været tæt skovbevoxet hernede, og først senere og efterhånden er disse to bygder kommet med. [Der findes bare sager fra andet avsnit her.] Enebak har jeg allerede omtalt; det kan være et tilfældigt forhold. [Tallet 2.6 er jo ikke langt fra midlet.]

Vi ser således, at vi får et nogenlunde, naturligvis ikke helt pålideligt grundlag for sammenligning. Det indbyder til forsigtig fortsættelse. Av *Hedemarkens* amt medtas her, efter professor A. Helland: Norges Land og Folk IV, 2. del, p. 234, de bygder, der hører til stenaldersbebyggelsen efter gjennemgåelsen ovenfor. De er:

| | Ager og eng. | Antal stenaldersf. | | |
|-----------|-----------------------|-----------------------|------|----------|
| S. Odalen | 47.2 km. ² | 15 | 3.2 | km.2 |
| N. Odalen | 26.8 » | 10 | 2.7 | > |
| Vinger | 31.8 » | 5 | 6.4 | > |
| Eidskogen | 38.2 » | 2 | 19.1 | » (!) |
| Brandval | 24.8 » | 4 | 6.2 | > |
| Grue | 40 » | 29 | 1.4 | » |
| Hof | 20.I » | 4 | 5 | > |

Den første slutning, vi her kan gjøre, er, at rubrik 3 viser større tal end ved foregående amt, hvilket betyder, at bebyggelsen er fattigere her end i Akershus, en naturlig slutning, som jo praktisk talt er gjort ovenfor. Tallene for ager og eng er også mindre, gjennemsnitlig 32.7 mod 38 i Akershus. Regner vi fra Eidskogen, hvor forholdet blir urimeligt, da strøget ligger udenfor Glommens bebyggelse (ovenfor p. 121), får vi et gjennemsnitstal av 4.2 i rubrik 3. Det gir i korthed: S. Odalen og N. Odalen samt Grue er rige stenaldersbygder, omend ikke sammenlignelsesværdige med Akershus' rige stenaldersbygder. Vinger og Brandval i elveknæet ved Kongsvinger er ikke fuldt så gode, omtrent jevnbyrdige. At Hof ikke er bedre, stemmer med det antagne, at denne bygd i stenalderen har dannet en udløber for det yderste av den faste bebyggelse.

Vi vil videre også prøve denne beregningsmåde på det av Buskerud amt, der foreligger. (J. Vibe i Norges Land og Folk V.)

| | Ager og eng. | Sta. fund. | Dette er 1 fund på hver |
|-----------|-----------------------|------------|----------------------------|
| Norderhov | 56.9 km. ² | 55 | 1 km.2 |
| Hole | 35.1 » | 68 | 0.5 » |
| Modum | 56.7 » | 27 | 2.I > |
| Øvre Eker | 74.8 > | 53 | I.4 > |
| Lier | 61.7 > | 37 | 1.7 > |
| Røken | 22.9 » | 32 | 0.7 > |
| Hurum | 15.4 > | 12 | 1.3 > |

Vi ser først av rubrik 3, at dette strøg i Drammensvasdraget er det rigeste, vi hidtil har gjennemgået, da Akershus' beste bygder er noget mindre rige. Gjennemsnitstallet er 1.2. Det gir'i korthed: Hole—Norderhov er det rigeste centrum på dette strøg. Mærkelig rigt er Røken pgd., som nærmest hører til Kristianiacentret.

For de bygder av Kristians amt, der kommer med i stenaldersbebyggelsen, får vi:

| | Ager og eng 1. | Sta. fund. | Udgjør i fund på hver |
|----------|-----------------------|------------|--------------------------|
| Jævnaker | 53.6 km. ² | 25 | 2.1 km. ² |
| Gran | 97.9 | 41 | 2.3 » |
| S. Land | 40.7 > | 10 | 4.I » |

Nogen større rigdom får vi efter dette ikke her, — et gjennemsnit av omtrent 2.8 — dog noget rigere end Hedemarkens dyrkede stenaldersbygder. Interessant er det at sammenligne med det øverste av *Valdres*, der er formodet at tilhøre delvis vestlandsk bebyggelse:

| | | Tæthed. |
|-----------|-------------------------|---------|
| V. Slidre | 15.3 km. ² 5 | 3 |
| Vang | 13.4 > 9 | 1.5 |

Dette gir en påfaldende rigdom i forhold til beliggenheden. Det styrker betragtningen om delvis vestlandsbebyggelse.

For Jarlsberg og Larviks amt får vi følgende interessante tabel (efter Helland: Jordbunden i Jarlsberg og Larviks amt):

| | | | | Ager og eng. | Sta. fund. | Udgjør på | ı fund hver |
|---------|--|---|---|-----------------------|------------|--------------|----------------|
| Skoger | | | | 21.3 km. ² | 28 | 0.8 | km.2 |
| Sande . | | | | 35·3 * | 55 | 0.6 | > |
| Hof | | • | • | 21.2 > | 7 | 3.2 | . > |
| Botne . | | | | 22.7 | 14 | 1.7 | > |

¹ Ifelge A. Helland: Jordbunden i Norge, p. 93.

| | Ager og eng. | Sta. fund. | Udgjør i fund på hver |
|-------------------|-----------------------|------------|--------------------------|
| Våle | 36.4 km. ² | 24 | 1.6 km.2 |
| Borre | 25.3 » | 11 | 2.3 |
| Sæm | 47 • | 34 | I.4 > |
| Ramnæs | 39.2 > | 26 | I.5 > |
| Stokke | 46.2 » | 18 | 2.6 » |
| Nøterø og Tjømø . | 31.4 | II | 2.9 » |
| Sandeherred | 40.6 > | 40 | I » |
| Tjølling | 23.7 » | 37 | 0.6 > |
| Brunlanæs | 36.2 » | 45 | 0.8 > |

Dette gir et gjennemsnitstal for rubrik 3 av 1.6. Sammenlignes med Smålenene (1.2), Akershus (2.02), Hedemarken (4.2), Buskerud (1.2), blir Jarlsberg og Larviks amt det rigeste næst Smålenene og Buskerud. Det beregnede tal for tætheden angir altså meget oversigtligt, hvor mange km.² av det dyrkede land eier et fund, idet det har været hensigtsmæssigere at beregne dette tal end at beregne, hvor mange fund der går på hver km.² For Jarlsberg vil det altså si, at vi her har rige stenaldersbygder særlig i Sande—Skoger-trakten, hvor der allerede er gjort opmærksom på dette forhold ovenfor. Stenalderscentret ved Sæm—Ramnæs er også omtalt. Og endelig er i Jarlsberg det relativt rigeste samlet i Brunlanæs—Tjølling—Sandeherred-centret¹.

Sammenlignes tilsist de rigeste stenaldersbygder, vi nu (1. jan. 1906) kjender, vil disse i orden være:

```
      Kråkstad—Ås—Vestby
      i Akershus med tæthed av 1 fund på 0.6 km.²

      Id—Aremark
      - Smålenene » — » — » 0.6 »

      Moss—Våler—Hobøl
      - » — » — » 0.65 »

      Hole—Norderhov
      - Buskerud » — » — » 0.75 »

      Skoger—Sande
      - Jarlsberg » — » — » 0.8 »

      Sandeherred—Tjølling—

      Brunlanæs
      - » — » — » 0.9 »
```

Disse tal er ganske interessante; de vil naturligvis forandre sig, men sansynligvis altid i forhold til materialet. Når dette efterhånden voxer betydeligt, vil jo tæthedstallet også synke og angi rigere bygder².

Andebo, Hedrum og Lardal er ikke tat med i tabellen, da de vilde forrykke forholdet urimeligt. De hører ikke til hovedtrækkene av bebyggelsen.

² Jeg antar, at disse tal har en stor interesse. Vilde man nemlig i Sverige og Danmark ta for sig stenaldersfundene og det dyrkede areal og gjøre en lignende beregning, så vilde man antagelig ved talstørrelser bli dogmet om Norges "fattigdom i stenalderen" kvit. Man skal betænke, at det dyrkede areal i Norge nutildags ikke er større, end

Vi har i denne beregningsmåde gjort tæthedstallet avhængigt av det dyrkbare (dyrkede) areal i hvert amt. Vi har fundet en tilnærmet nøiagtig overensstemmelse i det store og hele taget, når hensyn er taget til de hovedtræk av bebyggelsen, vi har fundet ved den første gjennemgåelse. Nærmere kan vi ikke ved tal komme stenalderens dyrkning av jorden. Når materialet og iagttagelserne voxer, vil værdierne forandres; det relative vil efter al sansynlighed holde sig. Det er jo selvsagt, at tabellerne kan gjøres om for hvert år. Og større nøiagtighed vil efterhånden indtræde med et øget materiale.

Der er kun enkelte resumerende bemærkninger at gjøre om det øvre av dalførerne. Østerdalen har vi liden oversigt over. Vi ved kun, at der selv i Rørostrakten er fundet redskaber, vidnende om fremtrængen fra en av kanterne, enten sydfra eller nordfra; derom kan intet sies av stenaldersmaterialet. Men spredt må bebyggelsen ha været. Det kan dog ikke sies andet, end at ifølge det ovenfor udviklede bør her ha været gårdsbrug langs hele Glommen ialfald til Koppang (hvor bl. a. på de nu så bekjendte gårde Messelt og Tryli er fundet sager), omend dette kun har været en enkelt her og der og ikke som i de større bygder en samling gårde. Det samme tør nok sies om Gudbrandsdalen, hvor fundene ialfald binder helt op til Hedalen, omend sparsomt. For begge disse dalfører tør intet bestemt sies om bebyggelse også fra vestlandet. Dette er derimod sansynliggjort ved Valdres og Hallingdal, hvor fundene desuden synes at antyde sparsom fremtrængen fra østlandet, særlig ved Valdres, hvor S. Aurdal og Aadalen ikke eier fund.

Endelig er slutninger om bebyggelsen fra Skiensfjorden til Lister ikke på sin plads, da materialet her neppe svarer til den virkelige bebyggelse i stenalderen på langt nær. Jeg har derfor også undladt at opføre nogle beregninger om tætheden. Her findes flere forhold, der direkte peger på vore manglende kundskaber og opfordrer til forsigtighed i slutningsmåden.

- 2. Vi kan samle stenaldersbebyggelsen under følgende kategorier:
- a. Kystbebyggelse, som er den ældste bebyggelse tillige (Nøstvet-bopladserne), således som vi har fundet den delvis ved Kristianiafjorden, men mere udpræget ved kyststrækningen fra Skiensfjorden til Lister. Det er tilladt fra denne at slutte til en fiskerbefolkning, der i det væsentligste har havt sin hovednæringsvei som sådan; selvfølgelig har den desuden næret sig av jagt og ved siden derav tillige næret sig av jorden på den måde,

at det hele kan rummes i Jarlsberg og Larviks amt, og i stenalderen har det været temmelig meget mindre, hvilket er fremgået av ovenstående detaljbehandling. Allerede denne omstændighed burde advare mod at sammenligne de absolute tal for stenaldersfundene i Skåne—Danmark og Norge.

man finder almindelig hos primitive folk: ved opgravning av rødder og planter osv. Med hensyn til den kulturelle side av fiskerbefolkningsspørgsmålet eier vi her intet materiale til nogen behandling. Der er fundet en fiskekrok av ben ved Svelvik i Hurum pgd. Busk. Den er formodet at tilhøre stenalder; men vi har ingen sikkerhed herfor¹.

b. Bebyggelse av slettelandet indenfor fjordbundene kan ikke skarpt skilles fra kystbebyggelsen, er dog noget forskjellig, idet vi her tydeligvis har en overvægt i jorddyrkningen. Vi kjender denne fra Tjølling—Brunlanæs, fra Sandeherred, delvis fra Hurum, Aker, Moss—Råde, Onsø, samt Borge—Skjeberg. Hermed er tillige angit flere af vore beste stenaldersbygder, hvor vi tydelig kunde konstatere overveiende jorddyrkning. Vi har analogier nutildags i det gårdsbrug forbundet med fiske, som vi kan tænke os denne bebyggelse repræsenterer. Således f. ex. i Brunlanæs. Her har nu dannet sig flere små fiskeleier, der har overtat det meste af fiskeriet. Der drives dog også fiske ved siden av jorddyrkningen blandt bønderne her. På lignende måde finder vi det på fjordens østside, i yderkanten av bygderne her. Vi har jo også lov til at anta, at differentiationen ikke på stenaldersstadiet har været så stor, at ikke fiskeri, jagt og gårdsbrug har ladet sig forene, naturligvis med overveiende jorddyrkning.

c. Hertil kommer endelig dalbebyggelsen, bebyggelsen efter vasdragene. Den er tillige den interessanteste og vil for et fremtidigt studium kunne frembyde smukke opgaver. Vi har fulgt den i de store hovedvasdrag: Glommens med bielve og derav Vormen—Mjøsen—Gudbrandsdalen mest vigtig; — Drammenselven, med de talrige bivasdrag fra Sigdal, Hallingdal, Ransfjord—Valdres; — Skiensvasdraget og desuden talrige mindre vasdrag, av hvilket det vigtigste skal erindres om, Rødenæs—Aremarkvasdraget.

Dalbebyggelsen i stenalderen fortæller om den første bebyggelse av vort lands dalstrøg, og den fortæller, at landnåmsmændene har tat det første og beste stykke land, der lod sig dyrke, ialfald som regel. Allerede heri synes det at ligge en stor bekræftelse på anskuelsen om fast bebyggelse, når man stiller dette forhold op mod ældre stenalder. For disse landnåmsmænd har et dyrkbart landstykke, der uden altfor meget besvær lod sig rydde og bruge, været en hovedsag. For den ældre stenalders veidemænd har det hele dreiet sig om en boplads \mathfrak{d} : et bekvemt sted til at dvæle ved. Og de dyrkbare landstykker, de bekvemmeste, har stenaldersmanden fundet i dalbunden, som rimeligt var i de fleste tilfælde.

Fra bronzealderen findes en prægtig fiskekrok av bronze fundet i Sandeherred pgd. JL. Dens dimensioner lader formode dybvandsfiske, sansynligvis av helleflyndre el. lign.

Og så har han her slået sig ned og længe været ene om landet, indtil voxende befolkning har dækket dalsiden tillige og gjort denne lysere og lysere, i de rige bygder langt opover dalsiden. Han har næret sig av jorden og sine husdyr, samtidig som han har nyttet skogens rigdomme og vel også elvens, i form av jagt og fiskeri.

Sålangt har vi lov at slutte. Jeg tror, fremtidige detaljstudier på dette grundlag vil kunne bearbeide vor yngre stenalderskultur til et større og forståeligt og fyldigere resultat. Og jeg vil til slutning antyde, hvilken fremgangsmåde i det topografiske studium synes mig særlig lovende. Et eventuelt registreringsarbeide i landet vil også søge udredet forholdene ved vor stenalder. Særligt udbytte vilde man da kunne opnå ved inden et begrænset, godt opmålt område, der må vælges med skjønsomhed og nøie kjendskab til vor stenalder, at avsætte de kjendte stenaldersfund, hvortil måtte knytte sig detaljerede opgaver over jordbundsforhold og nivåforhold og alt, der kan tænkes at ha betydning. Dette vil for hvert enkelt tilfælde den iagttagende vide at notere. Får man da flere sådanne bygder kartlagte, vil sammenligningsmaterialet bli sikrere. Jeg tror, at der heri ligger fremgangsmåden til et virkeligt studium av jordbundsforholdene i stenalderen og herfra til en forståelse av jorddyrkningsforholdene, 2: til rekonstrueringen av gårdsbruget. Det er den samme fremgangsmåde, der for bronzealder og jernalder gir et sikkert resultat og her er lettet derved, at det er gravpladser og grave, hvormed man har at gjøre. Enkeltfundene må efterhånden bringes til at avgi alt, hvad de kan yde. Og enhver, der har gjennemgået ligeså detaljeret, som det til dette arbeide er gjort, enkeltfundene, vil være overbevist om, at det er meget, der kan læres av dem endnu.

• . • • •

BILAG I.

Fortegnelse over øxer av de i dette arbeide gjennemgåede typer fra sydøstlige Norge.

Overalt, hvor intet andet er anført foran tallene, henviser disse til hovedkatalogen i universitetets oldsagssamling. Iøvrigt findes forklaring til de forkortelser, der er anvendt, foran p. V.

A. Øxer av skandinaviske typer.

| | J. P. C. |
|---|-------------------------------------|
| Øxer av spidsnakket type. | 14904. Dillingøen. Moss. Smål. |
| | 7045. Nordby. Våler. |
| α. | 11485. N. Vastveit. Svindal. Våler. |
| 11484. Haug. Skiptvet. Smål. | 12192. Gylder. — |
| 18113. Aaseby. Rødenæs. | 17924. Haglerud. Hobøl. |
| 11161. Andersrød. Råde. | 18006. Rød. — |
| 1 5129 . Dal. Hobøl. | |
| • | • |
| | 17156. Bruer. Såner. Vestby. Ak. |
| 12605. Todammen. Vestby. Ak. | Skotbu. |
| Hølen. 12657. Janes Såner. Vestby. | 14853. Myrvold. Kråkstad. |
| 12657. Lure. Såner. Vestby. | 17530. Præsteg. — |
| 10206. Hestvet. Garder — | 14795. Rud, Ski |
| 12658. Grønlund-Ødegården.— | [i o5]. Boger. — — |
| 15196. Præstegården. Kråkstad. | 13482. Melby. Nordby. Aas. |
| 13150. Frogner. — | 2221. Lambersæter. Ø. Aker. |
| [i 1905.] Ø. Boger. Ski. — | 20346. Maridalen. — |
| 14001. Orskog. Nordby. Aas. | 12629. Bryn. — |
| 10049. Fron. Drøbak. | 12333. Hole. Bærum. |
| 13375. Torrud (Gansdalen). Fet. | 2268. i Bærum. |
| • | 7937. Orsrud. Enebak. |
| | 10306. Brevik. — |
| 18946. På Hadeland. Krist. (?) | 10308. — — |
| • | 10305. — — |
| | 12715. Engebräten. Udenes. Nes. |
| 16334. Øverby. Heggen. Modum. Bu. | 14478. Toshov. Gjerdrum. |
| • | 13118. Løken. Eidsvold. |
| | |
| 14421. Rørkoll. Stokke. JL. | |
| 6720. Tveten. Tjølling. | 13879. Lilleby. Hole. Bu. |
| 18289. Stålåker. — | 5232. Li. Norderhov. |
| 13666. Gunnesø. Skoger. | 15032. Østeren. Hurum. |
| •• | • |
| and the land | |
| 19256. i Bamle. Brats. | 14441. V. Rom. Slagen. Sæm. JL. |
| • | Sk. M. 3458. fra Stokke. |
| 2 | • |
| β. | CO Built Durandal Broke |
| 7925. Olafsrud. Spydeberg. Smål. | 10608. Brøsjø. Drangedal. Brats. |
| 18020. Skuleberg. — | • |
| 10064. — — | :-6as0 Barr Fide Ned |
| 9813. Bogen. Skiptvet. | 16328. Berg. Eide. Ned. |
| 10634. Holmerød. — | • |
| 15446. Orudkasa. Degnes. Rakkestad. | 2. Øxer av brednakket type. |
| 15452. Brekke brug. Os. — | |
| 13256. Søgård. Aremark. | 5063. Søtland. Trøgstad. Smål. |
| 18951. Præstegården. Skjeberg. | 12768. Langset. — |
| 6758. Kolberg. Onsø. | 15159. Ø. Aslerud. — |
| 7229. Missingmyren. Råde. | 11422. Nyborg. Askim. |

| 7926. | | 12750. Hotvet. Røken. Bu. |
|---|---|---|
| 10334. | Tunby. Spydeberg. | 10879. Sundby. — |
| 5855. | Vien. — | • |
| 17299. | | |
| 19007. | | 18172. Skjeldrum. Skoger. JL. |
| 13479. | Hylliplads. — | 12782. Solum. — |
| 12690. | | 12346. Dale (præsteg.) — |
| 7927. | | 12347. Holmen. — |
| 7928. | Sperstad. Skiptvet. | 12345. Dale (prgrd.) — |
| 7064. | | 16334. Myre. Sande. |
| 16169. | • | 14330. Tveiten. Hof. |
| 8704. | Moen. — | 11576. Kaldaker. Hillestad. Botne. |
| 14892. | | 17117. Jonsrud. Våle. |
| 11510. | | 19011. Kongslund. Ramnæs. |
| | Aaseby. — | Tø. M. 34. Langemyr. — |
| | Rud. Ømark. — | 6097. Skarpe-Borge. Stokke. |
| | Guldvik. Id. | 14703. Tvedalen. Tanum. Brunlanæs. |
| | Hollebøl. Hobøl. | _ |
| 11962. | Lilleby. Tomter. | • |
| | | 2585. Frøvik. Sannikedal. Brats. |
| | • | 19255. Brekke. Bamle. |
| 11926. | Kalføss. Vestby. Ak. | 16772. i Bø. |
| 10853. | | ··. |
| 18187. | Kjensli. — | • |
| 14794. | | 7378. Bjørnetrå. Fjære. Ned. |
| | Bråte. Kroer. Aas. | 737 |
| | S. Kinn. Aas. | • |
| 10908. | | |
| | | |
| 20044. | Sundby. Nordby. | 3. Øxer av tyndnakket type. |
| 20044. 16198. | Sundby. Nordby. Frogn. Drøbak. | |
| | Frogn. Drøbak. | a) av flint. |
| 16198. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. | a) av flint. 13968. I Smålenene. |
| 16198. 4002. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Tragstad. Smål. |
| 16198. 4002. 1529. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. | a) av flint. 13968. I Smålenene. 10011. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os. Rakkestad. |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os.* Rakkestad. 7063. Stensrud. — |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os.* Rakkestad. 7063. Stensrud. — [i 05.] Langnes. — |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os.* Rakkestad. 7063. Stensrud. — [i 05.] Langnes. — do. — |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os.* Rakkestad. 7063. Stensrud. — [i 05.] Langnes. — do. — — . 11460. Nordby. Os. — |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os.* Rakkestad. 7063. Stensrud. — [i 05.] Langnes. — do. — — — — — — — — — — — — — — — — — — — |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. 12578. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. • Kvedalen. S. Odalen. Hed. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os.* Rakkestad. 7063. Stensrud. — 16 os.] Langnes. — do. — — — 11460. Nordby. Os. — 14204. Bækkevar. Eidsberg. 15188. Mel. Torper. Hærland. — |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. 12578. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. * Kvedalen. S. Odalen. Hed. * Bergsmarken. Tingelstad. Brandbu. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os. Rakkestad. 7063. Stensrud. — 16 05.] Langnes. — do. — — — 14204. Bækkevar. Eidsberg. 15188. Mel. Torper. Hærland. — 15100. Slitu. |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. 12578. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. • Kvedalen. S. Odalen. Hed. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os.* Rakkestad. 7063. Stensrud. — 16 os.] Langnes. — do. — — — 14204. Bækkevar. Eidsberg. 15188. Mel. Torper. Hærland. — 15100. Slitu. — 11535. Høie. — |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. 12578. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. * Kvedalen. S. Odalen. Hed. * Bergsmarken. Tingelstad. Brandbu. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os.* Rakkestad. 7063. Stensrud. — 16 os.] Langnes. — do. — — . 1460. Nordby. Os. — 14204. Bækkevar. Eidsberg. 15188. Mel. Torper. Hærland. — 15100. Slitu. — 11535. Høie. — 11446. Slupstad. Rødenæs. |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. 12578. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os. Rakkestad. 7063. Stensrud. — [i 05.] Langnes. — do. — — — 14204. Bækkevar. Eidsberg. 15188. Mel. Torper. Hærland. — 15100. Slitu. — 11535. Høie. — 11446. Slupstad. Rødenæs. 15361. Ulsby. — |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. 12578. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os. Rakkestad. 7063. Stensrud. — [i 05.] Langnes. — do. ———————————————————————————————————— |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. 12578. 12585. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os. Rakkestad. 7063. Stensrud. — [i 05.] Langnes. — do. ———————————————————————————————————— |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. 12578. 12585. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. * Kvedalen. S. Odalen. Hed. * Bergsmarken. Tingelstad. Brandbu. Krist. * Røsholmen. Hole. Bu. Fægri. — Vestereneiet. Haug. Norderhov. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os.* Rakkestad. 7063. Stensrud. — (i 05.] Langnes. — do. — — . 1460. Nordby. Os. — 14204. Bækkevar. Eidsberg. 15188. Mel. Torper. Hærland. — 15100. Slitu. — 11535. Høie. — 11446. Slupstad. Rødenæs. 15361. Ulsby. — 19702. Mørholt. Aremark. 11653. Gråbøl. Ømark. 15088. Hov. Id. |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. 12578. 12585. 20092. 10220 [i 05.] 17011 7068 | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os.* Rakkestad. 7063. Stensrud. — (i 05.] Langnes. — do. — — . 11460. Nordby. Os. — 14204. Bækkevar. Eidsberg. 15188. Mel. Torper. Hærland. — 15100. Slitu. 11535. Høie. — 11446. Slupstad. Rødenæs. 15361. Ulsby. — 19702. Mørholt. Aremark. 11653. Gråbøl. Ømark. 15088. Hov. Id. 15131. ved Fredrikshald. |
| 16198. 4002. 1529. 16833. 12206. 10942. 1122. 14244. 13882. 16994. 12578. 12585. | Frogn. Drøbak. Hellerød. Ø. Aker. S. Østensjø. — Moløkken. Kristiania. Strømsbråten. Bogstad. V. Aker. Rustad. Asker. Bjerke. Enebak. Gjestang. — Nygård. Skedsmo. Strømmen. — Katterud. Eidsvold. | a) av flint. 13968. I Smålenene. Gammeltvet. Stensrud. Trøgstad. Smål. 16139. Sekkelstein. Askim. 20059. Ingstad. Hovin. Spydeberg. 10020. Anstensrud. Heli. — 11344. Svae. Skiptvet. 12002. Vister. — 15352. Kåtorp. Os. Rakkestad. 7063. Stensrud. — (i 05.] Langnes. — do. ———————————————————————————————————— |

| | • | |
|------------------|--|---|
| 20207. | Sørnes. Tune. Smål. | 19350. Bruflaten. Modum. Bu. |
| 14 8 5. | - · | 16140. Disen. Heggen. Modum. |
| 1097. | 1 | 1032. — — — |
| 1098. | | 13291. Fiskum. Fiskum. |
| 14354. | | 13785. Grønland. Drammens by. |
| 8463. | | 15227. Hennum. Lier. |
| 6291. | | 20182. Drammens by. |
| 19559. | | 18733. Enger. Sylling. Lier. |
| 12191. | Skistad. — | 20157. Brøholt. Røken. |
| | • | 12207. England. — |
| 0- | Knalstad, Vestby, Ak. | 1 <i>2</i> 208. — — — — — — — — — — — — — — — — — — — |
| 13185. | | 13109. V. Rød. Hurum. |
| 9287. | • | 19751. Ulland. Svene. Flesberg. |
| 10636. 19587. | | (i o5.) Fossan. Rollag. |
| | Østbyengen. — | do. Landsverk. — |
| | i Aas pgd. | do. Persgård. Nore. |
| 13100. | | do. Hyllestad. — |
| 6714. | · | , |
| 13901. | | • • |
| | teatergd. Kristiania. | 14161. Øddeval. Unnelsrud. Skoger. JL. |
| 3955. | | 17319. Kloen. Sande. |
| 2051. | _ | 18572. Aasnes. — |
| 10226. | : | 18976. Rævo |
| 15052. | i Enebak pgd. | 17689. Hillestad. Hillestad. Botne. |
| 17605. | Strøm. Rælingen. Fet. | (i o _{5.}) Ø. Solberg. — |
| 13295. | Mo. (Frogner). Sorum. | 20071. Aasen. — |
| 14178. | Losby. Lørenskogen. Skedsmo. | (i o5.) Kiste. — |
| 14041. | Finnestuen. Hauger. Nitedal. | 18927. Sande. Borre. |
| 13343. | Hvam. Udenes. Nes. | 1 9609. Vold. — |
| | Bjørknes. Langset. Eidsvold. | 18882. Ø. Adal. — |
| 14717. | v. f. Mjøsen i Langset | 13258. Nykirke jbst. Borre. |
| | _ | 20200. Orerød. Vivestad. Ramnæs. |
| | 1 | 20199. — — — |
| | Kvarbergeiet. Ringsaker. Hed. | 20248. Lunnteigen. |
| | Haugsmo. Grue. | 17544. i Stokke pgd. |
| | Tostensrud. — | 6093. V. Borge. — . |
| | Sparbysund. Hof. | 14160. i Slagen. Sæm. |
| | Løvåsen. — | 14351. — — |
| 11649. | Sandvik. N. Osen. Aamot. | 14159. — — |
| | • | 19019. Gulli. — |
| | 77 1 1 1 1 7 1 77 1 | 14384. "Sæmseicne". — |
| 14035. | | 20279. N. Fevang. Sandeherred. |
| | Lunnerengen. Lunner. Jevnaker. | Sk. M. 3774. Råstad. — 16348. Klåstad. Tjølling. |
| - • | . Stadum. Gran. . Landåsen. Fluberg. S. Land. | |
| | S. Halmrast. Hov. — | 20250. Anvik. Berg. Brunlanæs. Gåserud. |
| 10170. | S. Haimrast. Hov. — | 11830. Myren. Styrvold. Lardal. |
| | • | ,(i o5.) Tanum. — |
| 10222 | | |
| | . Frøishov. — | • |
| 17010 | . Sætrang. Haug. Norderhov. | A. 379. Sannæs. Drangedal. Brats. |
| | . i Haug. — | 20063. Ørvik. Skåtø. |
| | . Elviken. — | 12168. fra Skien. |
| 19300 | . Buøen. Flå. | Sk. M. 3451. i Bø. |
| [i o5.] | Rydningen. Ertesprang. Sigdal. | (i o4.) Brekke. Saude. |

| 20205. Merde. Tinnes. Hitterdal. Brats. | 11650. Økeren. Fron. Drøbak. Ak. |
|--|--|
| Sk. M. 3526. Løkken | 12030. Lambersæter. Ø. Aker. |
| 19348. Rui. Atrå. Tinn. | 3352. Trosterud. — |
| 1968o. Breiset. Hovin. | 9830. Brekke. Maridal. — |
| 18993. Bakka. — | 8026. Sinsen. Ø. Aker. |
| Sk. M. 3234. Omle. Skafse. Mo. | 17625. Vibes gd. 17. Kristiania. |
| | 12205. Makrelbækken. V. Aker. |
| | 8577. Evje. V. Bærum. |
| A 368. i Aamli. Ned. | 12364. Nedr. Solstad. Asker. |
| 20025. Birkenes. V. Moland. | 16991. Kaldaker. Setskogen. |
| • | 10307. Brevik. Enebak. |
| b) av andre bergarter. | (p. e.) Skøien. — |
| _ | 10207. Sandbakken. Skedsmo. |
| 10834. i Smålenene. | 14406. Oppen. Ullensaker. |
| 11751. Smeby. Trøgstad. Smål. | |
| 10333. Aasland. — | • |
| 9437. Hyllibråten. Spydeberg. | (i o4.) Jonsrud. (V. Holmen). Grue. Hed. |
| 9286. Kjos. — | |
| 10224. i pgd. Spydb. | • |
| 11455. Solberg. Hærland. Eidsberg. | 8848. Ulven. Lunner. Jevnaker. Krist. |
| 20140. Seljeholt. Aremark. | 17183. Vennolum. Gran. |
| 11461. Sletta. Ømark. | - |
| 15440. Fagerholt. Id. | • |
| 11187. Præstebakke. Enningdalen. Id. | 10219. Røsholmen. Helgeland. Hole. Bu. |
| 15441. Fagerholt | 20042. Leinestranden. — |
| 11186. Lundestad. Berg. | 5643. i Tyristrand s |
| 6254. Jale. Skjeberg. | 18227. Stein |
| 15442. Mel. Besbjerg. Ingedal. | 16859. Skolemesterengen. Norderhov. |
| 10063. Aarum. Borge. | 16127. Sjørvold. – |
| 14917. i Tune pgd. | 6839. Fyran. Krødsherred. |
| 19342. Gillingsrød. Råde. | 8564. Glesne. — |
| 15117. Kjesebotnplads. Våler. | 16333. Hellum. Heggen. Modum. |
| 17925. Haglerud. Hobøl. | 14955. Drolsum. — |
| 9944. Rikeseim. — | (i o4.) Li. Lier. |
| 11045. Dal | 12809. Kroft. Tranby. Lier. |
| 17926. Haglerud. — | 14050. Gullaug. — |
| 17398. Skinnerud. — | 14781. Haskoll. Frogner — |
| • | 14894. Kovestad. — — |
| 12701. Svinskog. Garder. Vestby. Ak. | 12813. Mere. — — |
| 19649. Hølen. — | 14782. Hyggen. Røken. |
| 14884. Stamnes. Såner. — | 12166. Kalsrud. — |
| 19547. Fosser. — — | • |
| 15128. Aamot. — — | • |
| 17939. Vang. Krâkstad. | 17535. Imjelt. Skoger. JL. |
| 18451. Langli. — | 18219. Bolstad. Sande. |
| 17732. Midsjø. Ski. — | (i o5.) Kiste. Botne. |
| 8118. Røs. — | 6715. Haslestad. Våle. |
| 19819. Boger. — | 7425. Håkestad. — |
| 13165. Aakebakken. Aas. | 17985. Hjelmtvet. — |
| 10909. Landbrugsskolen. — | 2231. Rove. Fon. Ramnes. |
| 9284. Sundby. Nordby. — | 18724. Hvitsten. Kodal. Andebo. |
| 14848. Bråte. Kroer. — | 18477. Sverstad. Sæm. |
| 17728. Enerstuen. — | 17601. Istre. Tjølling. |
| 17731. Seiersten. Nordby. Aas. | 11845. Farmen. Hedrum. |
| | 10- |
| 13303. 1 Aas pgu. | 19517. Steinsholt. Svarstad. Lardal. |
| 13303. i Aas pgd. 13483. Nøstvet. Nordby. — | 19517. Steinsholt. Svarstad. Lardal. |

```
18085. Dobbe. Sannikedal. Brats.
                                            15203. N. Svindal. Fet. Ak.
  8400. Bergsviken. Skåto.
                                            19568. Tuven.
                                                               Skedsmo.
  19806. Holtan. Bamle.
                                            13329. Lillestrøm.
  10930. Strømdal. Gjerpen.
                                             6660. Østby.
                                            19387. Nymoen.
                                            20131. Strømmen jbst.
                                            13277. Lillestrøm.
  18999. Rød. I. Søndeled. Ned.
  18366. Borøen. Dybvaag.
                                            14456. Leirsund.
  6592. Egeland. Holt.
                                            17131. Udenes. Nes.
                                            13737. Hungerholt. Gjerdrum.
  A. 39. Strengereid. -
                                            16540. Holt. Ullensaker.
  15246. Redalen. Landvig.
  18323. Birkenes. V. Moland.
                                            10229. Habbestad. -
                                            13344. Borgen.
                                            19632. Gjelstadgropa. (Haug.) Hovin.
                                            19395. Sveen. Eidsvold.
     4. Øxer av tyknakket type.
                                            20239. Bjørke. Holter. Nannestad.
A. Av flint.
  13320. Riser. Trøgstad. Smål.
         Bøler. Spydeberg.
                                            19622. Lille Blystad. Vang. Hed.
                                            12241. Rydningen. N. Odalen.
  15364. Ulsby. Rakkestad.
  11384. Vestby.
                                            20210. Skavåsen.
                                                               Grue.
  6812. Rødenæsskoven. Rødenæs.
                                            19469. Jensrud.
  13941. Søgård. Aremark.
                                            18077. Kjelderhalsen. -
  13249. i pgd.
  15370. i Ømark.
                                            20262. Bilben. Hedalen. Våge. Krist.
  (i. o5.) Præstebakke. Id.
  15369. Ødeberg.
  15353. ved Fredrikshald. —
                                            14863. Mo.
  20122. Øtne.
                                                          Hole. Bu.
  4649. i en have ved Fredrikstad.
                                            16203. Hårum. -
         Tveter. Onsø.
  13304.
                                            19402. Bønsnes. -
  13436. Slevik.
                                            18277. Gullerud. Norderhov.
  7482. Kjølberg. -
                                            20134. Vesteren. (Haug).
  13432. Ræklingholmen. Råde.
                                            10223. Jammerklo. Stuvdal.
                                            19629. Hønen. Norderhov.
  15009. Ødegården. Rygge.
                                             3251. Gudmundrud. Aal.
  19662. Kjosebotn. Moss.
  18374. Hveker. Våler.
                                            (i. o5). Bakken. Modum.
                                            20203. Aas. Øv. Eker.
  18222.
           _
  5863.
         Finholt. Hobøl.
                                            17194. Stuverud. Haug.
  20085. Støttum. -
                                            19065. Sønju. Bakke. Eker.
         Bækhus.
                                            19440. Sterud. Fiskum.
  17399.
                                            13290. Fiskum.
  20068. Holmerød. Tomter. Hobøl.
                                            12219. England. Røken.
                                            431. Liltvet. Hurum.
  13286. Hølen. Vestby.
                                            18226. Muggerud. Hedenstad. Sandsvær.
                          Ak.
                                            20198. Rennekvammen. Opdal.
  13369. Gryteland.
  18231. Østby.
                                            19627. Kravik. Nore.
  15220.
  18561. Gryteland.
  1552. S. Østensjo. Ø. Aker.
                                            17019. Fjøset. Skoger.
                                                                     JL.
  16180. Grønland. Kristiania.
                                            14100. Galleberg. Sande.
  12255. Grefsen. V. Aker.
                                            18769. Jonsrud.
  13099. Kråka. Fossum. Ø. Bærum.
                                            17100. Galleberg.
  6640. Ringi. V. Bærum.
                                            18977. Aas.
  17028. Bremsrud. Asker.
                                            12384. i Sande pgd.
  13117. egnen om Øieren.
                                            18775. Kaldaker. Hillestad. Botne.
```

| 17224. Bakke. Våle. JL. | 18720. Sande. Søndeled. Ned. |
|--|--|
| 17947. Tufte. Nykirke. Borre. | 11197. Skarvandet. — |
| 3434. S. Jare. Ramnes. | 13140. Skjelsø — |
| 20208. Hvam. Fon | 1832. Tvedestrand by. |
| 13199. Kranstad. — — | 4010. Nes jernværk. Holt. |
| 14404. Hotvet. Andebu. | 14827. Gårdskjenn. — |
| 19116. Gran. — | A. 36. Songe. — |
| Sk. M. 3459. fra Stokke. | 19485. Holmen. Gunnildsbø. Ø. Moland. |
| 17545· — — | A.356. Fredhaug. Barbu. |
| 19251. Kaltvet. Slagen. Sæm. | A 35. Alve. Tromøen. |
| 18776. Præsterød. — — | A.331. Alve. — |
| A. 14. Gulli. ' | A. 34. Løveid. Hisøen. |
| 10922. Vatåker. Sandeherred. | A. 381. S. Løddesøl. Øiestad. |
| 12894. Fevang. — | A. 380. — — |
| 18748. Marum. — | 4494. Smalsundet. V. Moland. |
| 5827. Steinsholt. — | A. 366. i V. Moland. |
| 17145. Skallist. Tjølling. | 17008. Lande. Aardal. Bygland. |
| 18749. — — | 18886. Kvåle |
| 14701. Tvedalen. Tanum. Brunlanæs. | 8148. Helle. Hyllestad. Valle. |
| 19243. Halle. — — | |
| 19100. — — — | • |
| 3594. Ytterø. Hedrum. | |
| 19518. Eskedal. — | B. Av sten. |
| 17116. mel. Steinsholt. Styrvold. Lardal. | · |
| (i. 05). Hontvet. Lardal. | 11040. Hestehagen. Trøgstad. Smål. |
| | 10914. Fjerdingen. Spydeberg. |
| 19242. Torsrud. Styrvold. — | 18570. Tunby. — |
| 20098. Opsal. Svarstad. — | . 9957. Haug. Skiptvet. |
| • | 13140. Kalsrud. — |
| Ol M. C. C. I. M. I. J. Classe Deve | 15445. Aastorp. Rakkestad. |
| Sk. M. 3649. fra Jomfruland. Skåtø. Brats. | 888o. Bjørnestad. Rakkestad. |
| 16321. i Bamle. | 11659. Hedemarken. Hærland. Eidsberg. |
| Sk. M. 3991. v. Skotfos. Solum. | 7441. Haug. Eidsberg. |
| 6364. Ulefoss. Hollen. | 15450. 'Knoll. — |
| (i o5). Lunde kirkeg. Lunde. | 15451. Skaltorp. — |
| Vatner. 20099. Slemmeli. Bø. | 9997. Salmonrud. — |
| Siemmen. | 3674. Volen. Aremark. |
| 9460. Aaketveit. Bø. | 20026. Anonby. Ømark. |
| Sk. M. 3452. i Bø. Sk. M. 3414. Kuslingen. Saude. | 12554. i Ømark. (i 05). en løkke ved Fredrikshald. |
| | 15036. Ellevsrød. Id. |
| 15130. Hjuksevelta. Linnes. Hitterdal. | 16345. Tvetc. Skjeberg. |
| Sk. M. 4027. ved veiarbeide. — | |
| - 3540. Klevhagen | 15443. Blikket. Skjulstad. Ingedal. Skjeberg. |
| — 3365. Løkke. — | 15454. Hvaler præstegrd. |
| 3305. Løkec | |
| 20243. Sauer. — | 11359. Belby. Varteig. 11185. Kulås. Borregård. Tune. |
| 16288. Sjautveit. Østbygden. Tinn. | 6840. Varem. Moss. |
| 19349. Rui. Atrà | 7669. — — |
| 18994. Tveito. Hovin. | 5514. Torsnes. Våler. |
| Sk. M. 3465. i Seljord. | 12193. Stenrød. — |
| = 3397. Brække. Seljord. | 10635. Kjuksrød. — |
| — 3204. Ømle. Skafså. Mo. | 17942. Tisbjørnrud. Hobøl. |
| 1850. Dalen. Eidsborg. Laurdal. | 9945. Rikeseim. — |
| Sk. M. 3689 Danmark. — | 20016. Haug. — |
| эк. м. 3009 Danmark. — | 14420. Riser. — |
| - | |

| 9814. | Krok. Hobøl. Smål. | 19117. Ruelsrød. Andebo. JL. |
|----------------|---|--|
| 13480. | Hollebøl. — | 19020. Osmundrød. Slagen. Sæm. |
| | | 18047. N. Virik. Sandeherred. |
| | • | 9919. Gjerstad. Tjølling. |
| 17221. | Hogstvet. Aas. Ak. | 18327. Lund. Berg. Brunlanæs. |
| 4371. | | |
| 20 045. | | • |
| | Eisval. Frogn. | 7593. Aasen. Skåtø. Brats. |
| | Haugrim. Urskog. | 17202. Hollen jernværk. Hollen. |
| | Nes. (Loken). Høland. | |
| | Svennerud. Sørum. | · |
| 14903. | Jogstad. Skedsmo. | A. 33. Risøen. Søndeled. Ned. |
| | Lille Kjus. | (i o5). Dynge. Borøen. Dybvåg. |
| 8021. | Farseggen. Skedsmo. | 6593. Egeland. Flåstad. — |
| 14211. | Røire. Lørenskogen. — | A. 17. Marienlund. Hiso. |
| | Udenes. Udenes. | 19948. Aamholt. Øiestad. |
| | Austad. Ullensaker. | 8286. Holla. Sæveli. Fjære. |
| 13115. | Fevik. Holter. Nannestad. | • |
| | • | 5. Øxer av bredegget type. |
| A. 332. | Ulberg. S. Fron. Krist. | 20197. Eikeberg. Trøgstad. Smål. |
| | Onsum. Fåberg. | 20195. Kjæsegg. — |
| | Kvale. V. Slidre. | 20194. V. Hontorp |
| 17273. | Hamarstad. Vang. | 20196. Eikeberg. — |
| | | 13141. Kalsrud. Skiptvet. |
| | • | 14912. Lund. — |
| 16633. | Røsholmen. Hole. Bu. | 15366. Sandáker. Rakkestad. |
| 17982. | | 11374. Vestby. — |
| 14621. | Løken. Hole. | 17974. Salmonrud. Eidsberg. |
| 14021. | Bjørketangen. | 12670. Tokerud. — |
| 14367. | Stein. | 11643. Sjulstad. Aremark. |
| | Steinsbräten. | (i. 05). Ankerud. Ømark. |
| | Hårum. — | 20258. Sundsdalen. — |
| • | N. Ultveit. Norderhov. | 9061. i omegnen av Fredrikshald. |
| 2088. | | 15356. Vold. Id. |
| 2089. | Duelson Harrier Modum | 15355. Sollerud. Asak. Berg. |
| | Drolsum. Heggen. Modum. Ulleren. Øv. Eker. | 15354. Korset. Rokke. Berg. 15358. Helgerødbakken. Rokke. Berg. |
| | Stryken. Ned. Eker. | 15360. Præstegården. Berg. |
| | Kovestad. Frogner. Lier. | 15367. Lemork. Asak. |
| | Hennum. Tranby. — | 15362. Veden. — |
| 18079. | Sætrang. Enger | 15363. Svalerød. Berg. |
| | Bugten. Røken. | 15357. Besseberg. Ingedal. Skjeberg. |
| | Lien. Veggli. Rollag. | (i o5). fra — |
| - • | 20 0 | 14915. i Tune. |
| | • | 14543. Lænsebråten. Tune. |
| 16627. | Svarterudhaug. Konnerud. Skoger. | 13422. Nes |
| - | JI | 13423. Stromnes. — |
| 12223. | Trogstad. Sande. | 13305. Ramstad |
| 14761. | Klokkergården | 15365. Vestre Viste. — |
| 13665. | Trogstad. — | 11304. Haraldstad |
| 14261. | Præstegrd. Hof. | 2093. Glemminge. Glemminge. |
| 20073. | Bakstvål. Våle. | 7481. Kjolberg. Onso. |
| 20201. | Orerød. Vivestad. Ramnes. | 10857. Bossum. — |
| | | |

```
2008. Ellinggård. Onsø. Smål.
                                        (i o5). Bjørnstad. Norderhov. Bu.
10855. Aaker. Råde.
                                        20055. Elviken.
                                        19301. Buøen. Flå.
19665. Mjelløs. Rygge.
6805. Moss by.
                                        3769. Seim. Hol.
20060. Kjærnes. Våler.
                                        19293. Fåsen. Haug. Øv. Eker.
                                        20202. Aas. Øv. Eker.
 5864. Botner.
18371. Daler.
                                      1 14982. Grette. Frogner.
               Hobel.
                                                                  Lier.
                                      18552. Hennum. Tranby.
18242. Dammen.
                 _ -
                                        15245. Gullaug. Frogner.
12707. Grimsrud.
                                      12220. England. Røken.
16954. Bjerve.
                                        14216. Sæterlandet. Hurum.
                                      | 11990. Knalstad.
                                        18988. Bo. Eftelot. Sandsvær.
17190. Midsjø. Ski. Krâkstad.
                              Ak.
                                      18989. — —
12756. Askehaug. Nordby. Aas.
                                        (i o5). Fossan. Rollag.
13284. inderst i Bundefj. Aas.
                                        ___
                                               Kållandsrud. Nore.
20181. Strandengen. Nordby.
                                        19394. Kravik.
13902. i Nesodden pgd.
18650. Munkerud. 19. Aker.
14173. Kampens vandbassin. Kristiania.
                                        17173. Aasnes. Sande. JL.
19841. Ullevoldsveien 65.
                           _
                                      19047. Kaldaker. Hillestad. Botne.
13230. i nærheden av
                                      14184. Skolen ved Våle kirke. Våle.
16609. Sannergaden.
                                      18556. Toen. Borre.
20049. Bogstad. V. Aker.
                                      19128. Veierland. Stokke.
19529. Præsterud. Ø. Bærum.
                                        18737. Rom. Slagen. Sæm.
                  ---
19397. Fossum.
                                      19250. Grette. Sæm.
16150. Brenna, V. Bærum.
                                        6195. Valby. Tjølling.
15198. Arnestad. Asker.
                                       14682. Refsholt. —
13296. I Enebak.
                                      17933. Ødelund. Berg. Brunlanæs.
16220. Sagen. Sørum.
                                      20035. Hjelten. Tanum. —
13328. Ø. f. Lillestrøm jbst. Skedsmo.
                                        20097. Opsal. Svarstad. Lardal
13915. Strøm. Rælingen.
19631. N. Udenes. Nes.
15350. Ø. Fyri. —
                                        19258. Tegdal. Bamle. Brats.
18531. Fyri.
                                      A. 336. "Engen". Vatneheien. Bø.
17983. Ved Nes kirke. Nes.
                                      A. 377. Slembø.
15359. I Ullensaker pgd. (?)
                                      Sk. M. 3413. Fladhus. Saude.
15077. Bjørke. Holter. Nannestad.
                                        20012. Løken. Hitterdal.
        — Bjørke. —
20075.
                                      5916. Sauer.
8459. Ekornholmen. Feiring.
                                                       _
                                      A. 370. nær Notodden. Hitterdal.
                                        A. 371. Lytkje.
                                        A. 372.
                                                _
17141. Ulleren. S. Odalen. Hed.
                                        3394. Fosse. Rauland.
17547. Hynnen. Brandval.
20236. Sillerud. Grue.
20031. Holtemoen (under Enger). Grue.
                                      A. 359. Sunde. Gjerstad. Ned.
(i o5). Vesteneholmen.
                                      18365. Borøen. Dybvåg.
                                        19681. Romundstad. Holt.
19427. Bjørke. Brandbu. Krist.
                                      8753. Kvåstad.
9927. Bjellum. Jevnaker.
                                      A. 339. Havstad. Barbo.
12061. Kattevold. Vang.
                                        A. 378. fra Grimstadkanten.
                                        19381. Lande. Aardal. Bygland.
```

B. Meisler.

| ı | . Ældre former. | β. Som R. 5. |
|--------------|-----------------------------------|--|
| A. Av flint. | | C. 11448. Askerud. Rødenæs. Smål. |
| C. 14389. | Opstad. Tune. Smål. | 19590. N. Finstad. Ski. Kräkstad. Ak. |
| 6783. | Bjerke. Ullensaker. Ak. | 12691. Bremsrud, Asker. Ak. |
| 13331. | Tveiter. — — | 15119. Frøislistuen. Lunner. Jevnaker. |
| 13514. | Sætre brug. Hurum. Busk. | Krist. |
| 19391. | Stenbjørnrud. Borre. JL. | 5246. Bø. Sandeherred. JL. |
| B. Av sten. | ì | 11 968. Haugan. Sande. — |
| | Nes. Løken, Høland, Ak. | 14572. Hätveit. Nes. Saude. Brats. |
| | Sætrang. Enger. Lier. Busk. | Sk. M. 3371. Strand. Hitterdal |
| | Hennum. Tranby. — — | 33 8 5 |
| • | Præstegrd. Ramnæs. JL. | A. 38. Voxnæs. Tromøen. Ned. |
| - | · · | A. 32. Risøen. Søndeled. — |
| | s. Yngre former. | B. Av sten. |
| A. Av flint. | α. Som R. 18. | |
| C. 10857. | | C. 14798. Præstebakke. Id. Smål. |
| • • • | Svalerød. Berg. — | 14512. Udenes. Nes. Ak. |
| | Dillingøen. Moss. — | 16151. Brænna. Bærum. — |
| | Nordby. Våler. — | 14730. Gryteland. Kråkstad. — 17606. Hvalstad. Asker. — |
| | Bjerke. Ski. Krakstad. Ak. | • |
| 19623. | • | 14495. Titut. Holand. — 16467. Sandviken. Bærum. — |
| | Ullevoldsveien 65. Kristiania by. | 16172. Heggedal. Asker. — |
| | Gresstuen. V. Aker. Ak. | 14456. Leirsund. Skedsmo. — |
| | Hasler. Eidsvold. — | 17071. Hennum. Tranby. — |
| | Grønlund. Gjerdrum. — | 14519. Ov. Eker. Bu. |
| | Sillerud. Grue. Hed. | 14924. Haug. Norderhov. Bu. |
| | Tostenrud. — — | 15207. Bjørge. Sande. JL. |
| 19292. | Fåsen. Haug. Øv. Eker. Busk. | |
| | Skjeldrum. Skoger. JL. | 17019. Fjøset. Skoger. — |
| | Hosle. Tjølling. — | 14750. Fostvet. Sande. — |
| 20030. | Ved Sandefjord. — | 17386. Sjølshagen. — — |
| 19390. | Lortvet. Borre : | 12897. Haneval. Skoger. — |
| A. 37. | Voxnæs. Tromø. Ned. | 14333. i Bamle. Brats. |
| | | |

C. Øxer av vestlandstype fra østlandske findesteder.

| 19194. Deli | ngsrud. Hærland. Eidsberg. – ebu. Ømark. – | - 18564. - 14681 - 14942 | Gulli. Sæm. V. Rom. Slagen. Oksholmen. Tjølling i Tjølling. Tvedalen. Tanum. | g. – – |
|---------------------------|---|--------------------------------|--|-----------|
| 14645. Alna 8002. Bier | a. Ø. Aker. Ak. ke. Hovin. Ullensaker. — | | . Ø. Eika. Bø. | Brats. |
| | ove. S. Fron. Krist. | _ | 3364. Løkke. Hitter | |
| 15056. Vike | • engen. Hole. Bu. | , - | Sande. Søndeled. Gata. Holt. | Ned. |
| | erud. Norderhov | 14037 | . – – | _ |
| | • | 19773 | Præstegrd. Holt. Bringsvær. Fjære. | _ |
| 16307. Myr 17257. Berg | • | L. 8857. — 19001. | Lunnerød. Øiestad. | _ |

| · | | | | |
|---|---|--|---|--|
| | | | | |
| | | | • | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | • | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

BILAG II.

Om bergarterne i de skafthulløse øxer af sten.



Om bergarterne i de skafthulløse øxer af sten.

Af

Prof. Dr. W. C. Brøgger.

Det samlede materiale af de i nærværende afhandling omhandlede yngre stenaldersøxer uden skafthul af sten (d. v. s. andre bergarter end flint) udgjør

| | | | | | | | 340 |
|-----------------------|------|---|---|---|---|---|-----|
| Tyknakkede | _ | • | • | • | • | • | 115 |
| Tyndnakkede | - | • | | | | • | 99 |
| Spids- og brednakkede | øxer | • | • | | • | | 126 |

Heraf undersøgtes, såvidt det lod sig gjøre ved bestemmelse ved ydre mærker (vægt, mineralsammensætning, struktur) og ved hjælp af stærk lupe, det hele udstillede materiale i oldsagssamlingens stenalderssal, når undtages endel skiferøxer af vestlandstyperne og nogle få øxer af mindre fixerede typer; i alt undersøgtes ca. 240 øxer af de ovennævnte typer, hvorved bergarten bestemtes i 213, medens i et antal af 25 à 30 øxer ikke engang en omtrentlig bestemmelse viste sig mulig blot ved mikroskopisk undersøgelse, dels fordi bergarten var for tæt eller finkornig, dels fordi overfladens forvitrede beskaffenhed vanskeliggjorde bestemmelsen, dels også fordi (i nogle få tilfælde) bergarten tilhørte for lidet distinkte finkornige typer.

Det nogenlunde tilfredsstillende bestemte materiale, i alt

| | | | | | | | 213 |
|-----------------------|------|---|---|---|---|---|-----|
| Tyknakkede | _ | • | | • | • | • | 45 |
| Tyndnakkede | | | | | • | | 61 |
| Spids- og brednakkede | øxer | | • | | • | | 107 |

udgjør dog såpas stor del af det hele kjendte materiale af de omhandlede øxetyper uden skafthul fra det sydøstlige Norge, at det med tilstrækkelig

vished tør siges, at intet væsentligt træk med hensyn til beskaffenheden af de anvendte bergarttyper kan have undgået opmærksomheden.

De undersøgte og nærmere bestemte 213 øxers bergart fordeler sig, som det sees af følgende tabel, på et ret stort antal bergarttyper, ca. 30 forskjellige typer, hvoraf dog adskillige kan sammenfattes i snevrere, nærmere beslægtede grupper.

| | Spids. og bred. nakkede. | Tyndnakkede. | Tyknakkede. | Tilsammen. |
|--|-----------------------------|--------------|-------------|------------|
| Diabaser (diabasporfyriter, mandelstene, proterobas etc.) | 46 | 22 | 18 | 86 |
| Finkornige syenitbergarter (fink. syeniter, syenitporfyrer, bos- | | | 1 | |
| toniter & hedrumiter etc.) | 12 | 5 | 4 | 21 |
| Finkornige gabbrobergarter (og essexiter) | 4 | 3 | 6 | 13 |
| Finkornige graniter og gneisse | 6 | 6 | 3 | 15 |
| Helleflinter, sfærolitfelser, apliter, felsiter, mænaiter | 5 | 1 | 2 | 8 |
| Lindøiter | 3 | 2 | I | 6 |
| Groruditer | 13 | 2 | | 15 |
| Augitporfyriter, Labradorporfyriter, Uralitporfyriter etc | 13 | 12 | 2 | 27 |
| Amfiboliter | 1 | I | | 2 |
| Krystallinske skifere (og grovere gneisgraniter) | 1 | I | | 2 |
| Lerskifere (og skiferhornfels, 1) | 2 | 2 | 3 | 7 |
| Forskjellige sandstene (blåkvarts, grå sparagmit, finkornig | | | | ! |
| kvartsitisk sandsten, mørk tæt glimmerførende s. etc | I | 4 | 6 | 11 |
| | 107 | 61 | 45 | 213 |

Så mangeartede, som disse forskjellige bergarttyper er i rent petrografisk henseende, så har de dog, med ganske få undtagelser, samtlige visse egenskaber tilfælles med hensyn til deres skikkethed for den behandling, de har været underkastede under bearbeidelsen, og med hensyn til deres holdbarhed under brugen.

Bergarten i øxerne viser sig nemlig gjennemgående udvalgt blandt typer, som kunde tilfredsstille kravet på seighed og fasthed under forfærdigelsen og under brugen.

Bergarten i øxerne fra Nøstvettiden var, som nærmere omtalt i min søns afhandling om disse øxer, åbenbart udvalgt med kravet på at finde et surrogat for *flinten*, altså bergarter med tæt struktur, med musligt brud, egnede til ved *tilhugning* med kraftige, raske slag at afspalte større eller mindre *fliser*, hvorved da øxen udelukkende ved tilhugning kunde få den ønskede form. Det forherskende, eller i alle fald det fortrinsvis søgte

materiale for Nøstvetøxerne, var derfor bergarter, som de tætte kalksilikathornfelser og andre hornfelser fra Kristianiafeltets kontaktzoner, bergarter med stor hårdhed og udpræget musligt brud.

Det er et yderst karakteristisk træk, at jeg blandt bergarterne i den yngre stenalders skafthulløse øxer ikke har fundet mere end en enkelt bestående af hornfels.

Sammenligner vi på den anden side det anvendte bergartmateriale med bergarterne i de yngste former af skafthuløxerne, former som Rygh's typer NO 37, 39 og andre, så finder vi også her en karakteristisk forskjel. I disse øxer findes ikke sjelden temmelig grovkornede eugranitiske bergarter (middels- til grovkornede graniter, syeniter o. s. v.) eller endog hyppig grovporfyriske porfyrbergarter med store indsprenglinger (bergarter som rombeporfyrer, labradorporfyriter, diabasporfyriter o. s. v. med store indsprenglinger), bergarter som kun kunde anvendes til forfærdigelse af stenøxer, under forudsætning af, at selve slibningen har været den væsentlige arbeidsmetode også ved den forberedende behandling av emnet. Sådanne bergarter er også sågodtsom absolut ukjendte i de her omhandlede skafthulløse øxer; kun i en eneste øx (en spidsnakket øx fra Gunnesø i Skouger, Jarlsberg) har jeg iagttaget en forholdsvis grovkornig, granitisk grundfjeldsbergart, der da også er omhyggelig sleben over hele øxens overflade.

Men ellers består bergartmaterialet i de omhandlede skafthulløse øxer gjennemgående af alleslags seige, finkornige bergarter, overveiende eruptivbergarter, hvis divergenttavlede, tæt filtede struktur gjorde dem specielt skikkede for den behandlingsmåde, der har været anvendt ved tildannelsen af emnet til den endelige form, nemlig en prikhugning med talrige små slag, og som endnu i de fleste tilfælde kan erkjendes, i alle fald med lupen, over største delen af øxens overflade. Kun som afsluttende behandling er så tilsidst den prikhuggede overflade mere eller mindre afglattet ved slibning, og delvis (især ved eggen) ved polering.

Prikhugningen er indkommet med den butnakkede øx, og bergarterne i de spids- og brednakkede øxer, såvel som senere også i de tyndnakkede og tyknakkede bergartøxer er derfor også for den aller væsentligste del de samme som i de butnakkede øxer. Det er i denne henseende meget betegnende, at de aldeles overveiende anvendte bergarter i alle disse øxer er forskjellige finkornige gangbergarter med ofitisk (eller også trachytoid) struktur.

Først i rækken kommer her forskjellige typer af finkornige diabasbergarter. Disse er kun i ringe udstrækning valgt blandt diabaser med større, tydeligere indsprenglinger, i regelen kun blandt de temmelig finkornige, ikke fremtrædende porfyriske typer, — men heller ikke gjerne blandt de aller tætteste, rent afanitiske typer; feldspatlisterne syntes hyppigst at have en størrelse af omkring i mm. I adskillige tilfælde kunde typen bestemmes, således som tilhørende gangene af Ostø-typen, eller proterobaser (med epidotiseret feldspat o. s. v.) som Brandskjær-gangen o. s. v. Men i særdeles mange tilfælde syntes valgt en bestemt diabastype, som ikke tilhører nogen af Kristianiadalens almindelige typer, en type af fint korn, med meget seig beskaffenhed og uden indsprenglinger. Denne type kom så ofte igjen fra forskjellige lokaliteter, at jeg skulde kunne tænke mig, at den har været brudt på et og samme sted og herfra har været udført til videre strøg.

Til diabaserne slutter sig en række i strukturel henseende nærstående finkornige syenitporfyrer (Nordmarkitporfyrer), således bergarter lignende den tidligere med diabas forvexlede finkornige gangtype fra Huk; ligeså forskjellige bostoniter, og finkornige hedrumiter med trachytoid struktur. De skiller sig ved sin ringere vægt, ved lysere farver o. s. v. fra diabaserne, med hvem de forøvrigt, uden undersøgelse af tyndslebne snit, delvis let kan forvexles.

Disse to grupper: diabaser og finkornige gangsyeniter viste sig at udgjøre 'tilsammen ikke mindre end omtrent halvdelen af de bestemte øxer, nemlig ialt 107 af det samlede antal 213 øxer (58 af 107 spids- og brednakkede, 27 af 61 tyndnakkede og 22 af 45 tyknakkede).

Nær til disse ofitisk eller trachytoid struerede typer slutter sig også et mindre antal øxer af finkornede mørke, tunge gabbrobergarter (nogle få også af essexiter), samt af ganske finkornige graniter og gneisbergarter af typer fra grundfjeldet, endelig også af (to) amfiboliter, — tilsammen ca. 30 øxer, eller ½ af det hele materiale.

Af lyse (leukokrate), finkornige til tætte typer af lettere gangbergarter, med noget mere musligt brud (helleflinta, sfærolitfels, aplit, felsit, mænait, samt finkornede hvide til blågrå lindøiter af Kristianiadalens typer) fandtes ialt 14 eller ca. 1/14 af det hele materiale.

En ganske særlig interesse frembyder de 15 øxer af den for Kristianiafeltet karakteristiske gangbergart *gronudit*, hvorom mere nedenfor, ligeledes udgjørende 1/14 af det hele materiale.

Ved særlig seighed turde en gruppe tætte til finkornede, mørke, tunge dækkebergarter af de ældste basaltiske lavar i Kristianiafeltet (augitporfyriter, labradorporfyriter, uralitporfyriter o. s. v.) have egnet sig som øxemateriale; der er af disse bergarter ganske fortrinsvis valgt typer med næsten tæt struktur og få indsprenglinger. Det er muligt, at blandt disse også er medregnet endel afanitiske gangbergarter. Forvitringshuden hos disse er

oftest karakteristisk koparret og af lys grågrønlig farve etc. I alt henregnedes til denne gruppe 27 øxer, således ca. ½ af det hele materiale.

Af skiferøxer af østlandstyper fandtes kun ganske få, ialt 7; de kan ikke være dannede ved prikhugning, men må være tildannede ved slibning.

Endelig fandtes ialt 11 øxer af forskjellige sandstene; dette antal er meget lidet, sammenlignet med, hvad der skulde ventes efter opgaverne i den ældre litteratur, hvor uafladelig sandsten anføres som øxemateriale. Disse sandstene er af forskjellige typer, dels en enkelt af blåkvarts, en eller to andre af finkornig, mørk, grå sparagmitsandsten, flere af en lys grå, meget finkornig kvartssandsten o. s. v.; ingen af sandstensøxerne var af den sædvanlig til slibesten under Nøstvettiden anvendte løse devoniske sandsten fra Kristianiafeltet, men alle af hårde og faste finkornige sandstene fra ældre formationer.

Med hensyn til spørgsmålet, om *livorfra* materialet af ovennævnte bergarter i de undersøgte skafthulløse øxer stammer, så kan derom meddeles følgende:

Samtlige undersøgte øxer viser sig at være forfærdigede af bergarter, der stammer fra eller i alle fald kan stamme fra oprindelig forekomst i fast fjeld i det sydøstlige Norge. Det er i denne henseende nok at henvise til, at en mængde af diabasøxerne er forfærdigede af diabasør, hvis typer findes anstående som gange i Kristianiadalen og Kristianiafjordens nærmere omgivelser. Endel af syenitporfyrerne er typiske Kristianiafeltsbergarter. Allermest afgjørende er i denne henseende de 15 øxer af grorudit, en bergart, der kun kan stamme fra Kristianiafeltets gange, eller fra blokke, som ved isbevægelse er transporterede fra samme.

Undersøgelser af bergarttyperne i de skafthulløse øxer viser således med afgjørende sikkerhed, at disse øxer er af speciel udsøgte norske bergarttyper og derfor også må være forfærdigede i Norge.

Det nærmere studium af bergarten i øxerne giver også andre oplysninger af interesse. Særlig oplysende er studiet af udbredelsen af de 15 øxer af grorudit.

Denne mærkelige bergart, som jeg beskrev 1890 og senere udførligere 1894¹, findes i Kristianiafeltet kun i en række gange i trakten mellem Nittedalen og Maridalen, fremdeles i den øvre del af Lougendalen i Svarstad og mellem Svarstad og den øvre del af Slemdal. Bergarten optræder

Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes. I. Die Gesteine der Grorudit-Tinguait-Serie. Vid.-Selsk. Skrift. I. Math.-naturv. Kl. 1894, No. 4. Kristiania 1894.

i gange af i almindelighed ringe mægtighed, høist 10—15 meter. De enkelte gange viser tildels noget forskjelllg udviklet bergarttype, så at de derved kan holdes ud fra hverandre. Udenfor Kristianiafeltet og udenfor de omtalte strøg i samme er grorudit kun kjendt som sjeldenhed fra Ural, fra et par amerikanske forekomster o. s. v. Den er derfor en udmærket ledende bergart til orientering.

Indenfor Kristianiafeltet er den kjendt som blokke fra flere forekomster ved Kristiania, videre fra strandene af Kristianiafjorden (Slagen, Rauer etc.); udenfor Norge er den i løse blokke fundet i Jylland og i omegnen af Hamburg, men aldrig på de danske øer.

Af denne sjeldne og yderst karakteristiske bergart er nu fundet ikke mindre end 15 forskjellige skafthulløse øxer, nemlig:

No. 200. Maridalen, Aker. Brednakket.

- » 20346. Maridalen, Aker. Spidsnakket; indkommet 1901.
- » 9830. Brække i Maridalen. Spidsnakket.
- » 8026. Sinsen, Ø. Aker. Brednakket, overgang til tyndnakket.
- » 2268. Bærum, Asker, Akershus. Spidsnakket.
- » 14849. Bråte, Kroer, Vestby, Akershus. Brednakket.
- 17732. Midsjø, Ski, Kråkstad, Akershus. Spidsnakket.
- » 13479. Hyllipladsen, Spydeberg, Smålenene. Brednakket.
- > 7926. Olafsrud, Hovin, Spydeberg, Smålenene. Spidsnakket.
- » 7064. Stensrud, Degernæs, Rakkestad, Smålenene. Spidsnakket.
- Karlstad, (præstegjæld ukjendt); indkommet 1902; endnu uden no.
- » 12578. Katterud, Eidsvold, Akershus. Spidsnakket.
- » 12715. Engebråten, Udenæs, Næs, Akershus. Spidsnakket.
- » 10608. Brøsjø, Drangedal, Bratsberg. Spidsnakket.
- » 18323. Birkenæs, V. Moland, Nedenæs. Tyndnakket.

Af fortegnelsen sees, at der blandt disse groruditøxer ikke findes nogen tyknakket, og kun en eller to tyndnakkede, og selv disse ikke typiske. Af bred- og spidsnakkede derimod findes ikke mindre end 13 stykker, altså ikke mindre end ½ eller 12 % af det hele antal. Dette er overordentlig mærkeligt og påfaldende, når det erindres, at grorudit er en sjelden, kun lidet udbredt gangbergart, der endog har været ukjendt indtil for få år siden. Allerede dette forhold viser, at den med forsæt må have været særlig søgt som materiale for tilvirkning af de spidsnakkede og brednakkede øxer. Endnu mere indlysende blir dette, når vi ser nærmere på udbredelsen af disse øxer.

Ikke mindre end 3 af dem er fundet i Maridalen, nordenfor Kristiania, derhos en ved Sinsen i Ø. Aker, og en i Bærum ikke langt væk. For en af de i Maridalen fundne øxer påvistes ved undersøgelse af tyndslebet

præparat under mikroskopet, at den stammer enten fra en gang ved Kapteinsputten lidt øst for Maridalsvand, eller fra en gang mellem Svingen og Sandermyren nær jernbanelinien, altså fra dalføret nord for Maridalsvand. Det er da sandsynligt, at også de øvrige i Maridalen fundne øxer stammer fra samme gang. Da nu den allerstørste del også af de øvrige groruditøxer, såvidt det makroskopisk kan afgjøres, synes at vise nøiagtig samme type af grorudit, er det sandsynligt, at her i eller ved Maridalen ensteds har været et fabrikationscentrum for øxer af grorudit under den del af stenalderen, hvorfra de spidsnakkede og brednakkede øxer stammer. Og herfra er ved byttehandel disse øxer spredt over store dele af det sydøstlige Norge. Thi selv om man vil forudsætte det mulige tilfælde, at blokke fra disse groruditgange nordenfor Kristiania kan være spredt ved isbevægelsen og ved isfjeld langs kysten til Vestby og Ski og Spydeberg og til kysten af Bratsberg og Nedenæs, og øxer deraf forfærdigede på disse steder og så fra kysten af Bratsberg ført af mennesker op i Drangedal o. s. v., så vilde dog dette forudsætte, at stenaldersfolket på den tid specielt kjendte bergarten grorudit som en søgt og vel egnet bergarttype, hvilken kundskab kun kunde have spredt sig fra Kristianiadalen. Og i ethvert fald kan ikke øxefundene fra Rakkestad, Eidsvold og Udenæs herved forklares; de her fundne øxer må være transporterede did, hvor de er fundne, af mennesker, og disse øxer må være komne fra Kristianiadalen.

Groruditøxernes spredte forekomst vidner således om livlige handelsforbindelser allerede under et tidligt afsnit af stenalderen i det sydøstlige Norge, fra Kristianiadalen til Næs på Romerike, til Eidsvold, til Smålenene, Bratsberg og Nedenæs.

Det er muligt, at disse handelsforbindelser har ført groruditøxerne endnu videre omkring. I Kjøbenhavns oldsagssamling findes nemlig også et enkelt exemplar af en spidsnakket øx af grorudit (no. 17558); exemplaret er ligesom samtlige groruditøxer helt slebet, men ret ufuldkomment, fuldt af ikke afslebne groper. Dette exemplar er desværre uden lokalitet; det har tilhørt en ældre, allerede 1858 erhvervet større samling (Vedel Simonsens samling). Øxen kan således, som prof. Sophus Müller gjorde mig opmærksom på, stamme fra Norge; men det er dog vistnok ligeså rimeligt, at den er fundet i Danmark. Om den det er, turde den snarest som forarbeidet øx være kommet til Danmark under stenalderen, da grorudit kun sparsomt findes i løse blokke i Jylland og ikke er fundet i blokke på øerne. Da imidlertid øxens lokalitet desværre er ukjendt, kan selvfølgelig intet bestemt udtales om, hvorvidt allerede stenalderens handelsforbindelser har ført denne øx ned til Danmark eller ikke.

Det er imidlertid temmelig sikkert ikke alene groruditøxerne, fra hvilke der således kan hentes beviser for samfærdselsveie og handelsforbindelser under stenalderen.

Det er mit indtryk, at et nærmere studium også af diabasaxernes bergart vilde kunne levere yderligere beviser for sådan samfærdsel og handel, idet der synes gode grunde for at antage, at særskilt en enkelt diabastype fra et bestemt, ikke nærmere kjendt, centrum er spredt over endnu større dele af det sydøstlige Norge og måske også udenfor dette.

Også om flere af øxerne fra de store dalfører kan bestemt antages, at de er gjort af bergarter, som ikke findes på stedet, så at enten råmaterialet eller øxerne selv er transporteret til de respektive findesteder af mennesker. Dette kan således med sikkerhed antages om øxen no. 7955 (Orig. f. Rygh 10) fra Kvale i V. Slidre, der består af en diabas, som sikkert ikke findes i den del af landet, ligeså om øx no. 15172 fra Lien, Veggli, Rollag o. s. v.

Undersøgelsen af bergarterne i de skafthulløse øxer af sten bekræfter således fuldt ud erfaringen fra flintøxerne — der i den sydøstlige del af landet alle må være importerede eller være forfærdigede af importeret flint, nemlig den, at samfærdselen og bytteforbindelserne allerede i en tidlig del af den yngre stenalder i det sydøstlige Norge må have været ret livlige.

Endnu et spørgsmål kunde her groruditøxerne foranledige, nemlig dette: har der været nogen speciel grund til, at stenaldersfolket under tiden for forfærdigelsen af de spidsnakkede og brednakkede øxer netop fortrinsvis har opsøgt og anvendt i så stor udstrækning groruditen, og hvilken grund har i så fald dette været?

Når man ser, med hvilken omhu stenaldersfolket åbenbart har udvalgt materialet for sine øxer, er det ikke tvilsomt, at de også har havt en særskilt grund til at anvende groruditen i så stor udstrækning som skeet. Denne grund kan imidlertid ikke alene have været den, at groruditen var en seig og fast og tillige hård finkornig bergart, vel egnet for bearbeidelse og holdbar ved brug. Thi der findes en hel del andre bergarter, meget almindeligere udbredte i Kristianiafeltet, som i disse henseender kunde været lige tjenlige. Det synes derfor rimeligt, at der foruden groruditens brugbarhed i og for sig som godt øxemateriale må have været også en særskilt grund tilstede. Man tar neppe feil, når man antager, at denne grund har været groruditens afstikkende gronne farve. Hvad enten man nu har valgt denne farve, fordi den i og for sig var sjelden og derved særlig tiltalende, eller fordi denne farve havde en anden særskilt tillokkelse, er naturligvis umuligt at afgjøre. Men det er unægtelig fristende at tænke på, at det stenaldersfolk, som specielt opsøgte og anvendte den

grønne grorudit til sine øxer, måske har havt i alle fald en tradition om et andet ypperligt, grønfarvet øxemateriale, nemlig nefriten. Nefrit er aldrig fundet i de nordiske lande som øxemateriale; men allerede i Mellem-Tyskland har det været anvendt i nogen udstrækning under stenalderen, og i Schweitz og Nord-Italien har det været almindeligt. Det er i denne forbindelse måske ikke uden interesse, at, som min søn har gjort mig opmærksom på, samtlige fundne groruditøxer til forskjel fra andre spidsnakkede bergartøxer er helt slebne over sin hele overflade; nefritøxerne er også altid, såvidt jeg har seet, helt slebne. I Berlins Museum f. Völkerkunde findes en meget spids, nokså flad spidsnakket øx omtrent af størrelse som de sædvanlige norske (12—15 cm.) af en grøn, noget skifrig bergart fra Stechborn, Kanton Thurgau, Schweitz, helt sleben ligesom groruditøxerne.

Om denne usikre formodning, at forkjærligheden for anvendelsen af grorudit som øxemateriale skulde have refereret sig til en tradition om nefrit, virkelig ved nærmere undersøgelser skulde kunne vise sig sandsynlig, så turde det måske heller ikke være helt uden betydning, at brugen af grorudit synes at måtte have ophørt allerede snart efter de spids- og brednakkede øxers tid. Måske var den gamle tradition da glemt?

Med hensyn til anvendelsen af de finkornige grønstene af alle slags (diabaser etc.) til øxemateriale er det vel sandsynligt, at denne foruden af den ovenfor omtalte nyttige seighed, som disse bergarters struktur medførte, også har været betinget af disse mørke bergarters større specifike vægt, der gjorde, at øxer af dem fik større tyngde i slaget.

Resumé.

Studien über die Steinzeit Norwegens I.

Beile ohne Schaftloch aus der jüngeren Steinzeit im südöstlichen Norwegen.

I. Einleitung (p. 1—18).

Aus der jüngeren skandinavischen Steinzeit in Norwegen giebt es ein sehr gleichartiges Material, das aus einer Menge Beile ohne Schaftloch (teils aus Feuerstein, teils aus anderen Gesteinsarten), Aexte mit Schaftloch, Feuerstein-dolche, sägen etc., besteht. Sie sind fast alle Einzelfunde, indem man sichere Grabfunde und Depotfunde vermisst. Neolithische Thongefässe sind nie gefunden. Wie bekannt sind die skandinavischen und norddeutschen Gräber aus der Steinzeit sogenannte Megalithgräber: »Dysser«, nebst Riesenstuben (»Jættestuer«) und Kisten (»Hellekister«). Von diesen Formen sind mit Sicherheit nur Kisten in Norwegen gefunden, während man von Dysser und Riesenstuben nur Berichte hat, indem sie schon längst zerstört sind. Es muss somit angenommen werden, dass diese Grabformen nur eine sehr geringe Verbreitung in Norwegen gehabt haben.

Dr. Andr. M. Hansen hat in seinem Buch »Landnåm« (Kristiania 1904)¹ die Hypothese aufgestellt, dass Norwegen eine jüngere skandinavische Steinzeit nie besessen habe, dass es aber während der Steinzeit von einem anarischen Volksstamme bewohnt gewesen sei, dessen Nachlass wir aus Wohnplätzen kennen, auf welchen rauh behauene und nur teilweise geschliffene Beile (sogenannte Beile vom »Nøstvettypus«) gefunden sind².

Von G. Schütte in "Anzeiger für indogerm. Sprache u. Altertumskunde" B. 17 p. 21 -50 referiert.

² Man sehe z. B. A. W. Brøgger: "Øxer av Nøstvettypen" (Beile des Nøstvettypus) mit einem Resumé in deutscher Sprache. Norges geologiske undersøgelse no. 42. Kristiania 1905.

In der Einleitung (p. 1—18) wird diese Hypothese kritisch beleuchtet, mit dem Resultat, dass dieselbe von archäologischem Standpunkte aus ganz verworfen werden muss, indem es zahlreiche und entscheidende Beweise dafür gibt, dass die Steinzeit Norwegens in zwei Hauptabschnitte geteilt werden kann:

- I. Die ältere Steinzeit, aus welcher man die erwähnten Nøstvetwohnplätze mit Beilen des Nøstvettypus kennt. Von einem etwas späteren. Teile dieser Zeit ist der über ganz Europa verbreitete Typus des stumpfnackigen Beiles gekannt (Müller 22—23)¹. Diese ältere Steinzeit repräsentiert in Norwegen die ältere nordische Steinzeit und muss also als eine im wesentlichen gleichzeitige Facies der Kjøkkenmøddingkultur aufgefasst werden.
- II. Die jüngere Steinzeit mit zahlreichen skandinavischen Formen. Es wird angenommen, dass die Gräber dieser Periode, die man also nicht kennt, unterhalb des ebenen Bodens liegen müssen, weiter dass dieselben ein sehr einfaches Gepräge gehabt haben, indem es vermutlich Sitte war, die Leichname ohne weiteres in die Erde zu legen.

II. Typologische Bemerkungen (p. 19-90).

A. Beile von skandinavischen Typen (p. 19-49).

Die Einteilung, die Montelius² u. Müller für Schweden und Dänemark festgestellt haben, kann auch für Norwegen ohne weiteres angenommen werden.

Vom spitznackigen Typus (Fig. 1—6), Müller 46—52, gibt es fast ausschliesslich Exemplare aus anderen Gesteinsarten als Feuerstein. Man sieht deutlich, wie sich der Typus teils aus dem stumpfnackigen Beiltypus entwickelt, teils wie er vom spitznackigen Feuersteinstypus beeinflusst ist (Fig. 1—2 und Fig. 3—4). Übergangsexemplare zu dem breitnackigen Typus findet man auch (Fig. 5). Anzahl und Verbreitung, siehe nachstehende Tabelle.

Die Beile des breitnackigen Typus (Fig. 6—8), Müller 53, sind mit vier Ausnahmen aus anderen Gesteinsarten als Feuerstein verarbeitet.

Umgekehrt ist bei dem dünnnackigen Typus (Fig. 9—15), Müller 54—58, mehr Feuerstein angewandt als andere Gesteinsarten. Es gibt hier

Im folgenden wird mit "Müller" (und einer nachstehenden Zahl) auf Dr. S. Müller "Ordning af Danmarks Oldsager, I. Stenalderen" Köbenhavn 1885 referiert.

Prof. O. Montelius: Die Chronologie d. jüngeren Steinzeit. Correspondenz-Blatt deutschen anthropologischen Gesellschaft 1891, p. 100.

fast alle Varietäten zwischen Fig. 9-11. Eine besondere Varietät ist Fig. 12, die am besten als dünnblattiger Typus bezeichnet werden kann. - Man hat im allgemeinen die Entwickelung des dünnnackigen Typus so aufgefasst, dass er deutlich aus dem breitnackigen Typus durch eine allmähliche Umbildung entwickelt sei. Für diese Entwickelung hat Dr. S. Müller in seiner »Urgeschichte Europas« (p. 45-46) eine andere Erklärung gegeben, indem er die Hypothese aufgestellt hat, dass der dünnnackige Beiltypus eine nordische Umbildung und Nachahmung des italienischen Kupferbeiles aus der eneolitischen Zeit sei. - Vers. deutet an, dass diese Frage durch eine genaue Untersuchung der bandkeramischen Erscheinungen in Mittel- und Südost-Europa gelöst werden könne; ferner macht er darauf aufmerksam, dass man in den Glockenbechern, die in den nordischen Riesenstuben vorkommen, Andeutungen der italienischen eneolitischen Zeit habe. Diese Verhältnisse möchten nach seiner Ansicht andeuten, dass die Hypothese Dr. Müllers nicht unbedingt richtig sein könne, dass aber Montelius wahrscheinlich Recht habe, wenn er die Zeit des ältesten Kupfers im Norden zu der Zeit der Riesenstuben (d. i. zu der Zeit des dicknackigen Beiltypus) hingeführt hat (Chronologie d. ä. Bronzezeit).

Bei dem dicknackigen Beiltypus (Fig. 16—20), Müller 59—63, gibt es fast ausschliesslich Beile aus Feuerstein. Einige Exemplare nähern sich deutlich denjenigen des dünnnackigen Typus (Fig. 16), andere dagegen zeigen deutliche Übergänge zum breitschneidigen Typus (Fig. 17).

Interessant ist es endlich, dass die Beile des breitschneidigen Typus (Fig. 21—22), Müller 64—69, ausschliesslich aus Feuerstein hergestellt sind. Die Erklärung dieses Umstandes ist, dass der Import des Feuersteins im jüngsten Steinalter so gross geworden war, dass der Typus jetzt nur in Feuerstein verarbeitet wurde.

| · | Spitz- und breitnackiger Typus. | Dünn- nackiger Typus. | Dicknackiger- breitschneidiger Typus. |
|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---|
| Smålenene | · · 44 | 5 6 | 104 |
| Akershus | 47 | 53 | 77 |
| Hedemarken | 2 | 7 | 10 |
| Kristians Amt | I | 7 | 9 |
| Buskerud | 12 | 43 • | 52 |
| Jarlsberg und Larvik . | 19 | 40 | 61 |
| Bratsberg | •· · 5 | 15 | 36 |
| Nedenes | 2 | 8 | . 32 |
| | 132 | 229 | 381 |

Chronologie (p. 50-55).

Professor Dr. W. C. Brøgger hat in seinem Buch Strandlinjens beliggenhed under stenalderen« (Die Lage der Strandlinie während der Steinzeit im südöstlichen Norwegen. Resumé in deutscher Sprache) Kristiania 1905, die archäologischen Funde examiniert und hat ferner ihre Verhältnisse zu der Hebung des Landes seit der Littorinasenkung nachgewiesen. Es ist ihm somit gelungen, die Nøstvetwohnplätze auszuscheiden, und sie auf ein anderes Niveau zu beziehen, als die zahlreichen Einzelfunde von skandinavischen Formen; weiter ist es mittels der Niveauverhältnisse bewiesen, dass die spitz-breit-dünnnackigen Beile einem früheren Abschnitt der Hebung angehören, als die dicknackig-breitschneidigen Beile. In dieser Weise kann man also geologisch-archäologisch folgende Chronologie der jüngeren Steinzeit des südöstlichen Norwegens aufstellen.

- 1. Hauptabschnitt, welcher Beile der spitz-breit-dünnnackigen Typen umfasst. Dieser Abschnitt entspricht geologisch einer Hebung von ca. 55 m. zu ca. 23 m. über dem jetzigen Meeresniveau im Kristianiatale, und etwa 36—19 m. im ausseren Gebiete des Kristianiafjords.
- 2. Hauptabschnitt, Beile der dicknackigen-breitschneidigen Typen, Beile mit Schaftloch etc. umfassend. Geologisch entspricht dieser Abschnitt einer Hebung von 23—13 m. über dem jetzigen Meeresniveau im Kristianiatale, und etwa 19—10 m. im äusseren Gebiete des Kristianiafjords.

Bei dieser Einteilung entspricht somit der erste Hauptabschnitt im wesentlichen den zwei ersten Abschnitten der Chronologie des Professors Montelius (Correspondenz-Blatt d. deutsch. Ges. f. Anthrop. etc. 1891). Der zweite Hauptabschnitt entspricht dabei ungefähr der dritten und vierten Periode von Montelius.

B. Meissel (p. 56-58).

Es gibt ältere und jüngere Formen, die fast alle den Formen Müller 123—126 entsprechen. Eine besondere Varietät ist aus Sandstein (Fig. 23).

C. Beile von sogenannten arktischen Typen (p. 58-90).

Ausser den bisher betrachteten Beilen der Steinzeit finden sich auch Beile, die nicht in das aufgestellte typologische System hineinpassen (Fig. 24—25). Sie gehören, nach der Meinung Prof. Ryghs und Prof.

Montelius', zusammen mit den Speerspitzen aus Schiefer, einer arktischen Kultur an¹. Die Altertümer dieser Kultur, die hauptsächlich aus Speerspitzen, Messern, Beilen, Gegenständen aus Bein und Horn bestehen, werden ganz überwiegend in Lappland und Norrland des nördlichen Schwedens, in Finnmarken und Nordland des nördlichen Norwegens, gefunden. Sie zeigen grosse Ähnlichkeit mit denen, die in Finnland und in anderen von Finnen, Lappen oder stammverwandten Völkern bewohnten nördlichen Ländern angetroffen werden.

Die Richtigkeit dieser älteren Theorie zur Erklärung der arktischen Kultur, die Prof. Rygh und Prof. Montelius im Jahre 1874 aufgestellt hatten, ist in neuerer Zeit in Zweifel gezogen, besonders deshalb, weil die Speerspitzen beweislich eine weitere Verbreitung nach Süden besitzen. Dies hat veranlasst, dass Prof. Rygh, nach Auffassung des Konservators Scheteligs, im Jahre 1895, ohne doch darüber etwas veröffentlicht zu haben, seine frühere Theorie veränderte und zwar in folgender Weise:

Die Schwierigkeiten der älteren Theorie müssen in der Richtung gelöst werden, dass die arktischen Formen vom Anfang an skandinavisch und später von den Lappen aufgenommen sind. —

Diese neuere Auffassung behauptet also, dass die *arktische* Kultur eigentlich skandinavisch wäre. — Um einige wesentliche Verhältnisse zu beleuchten, geht Verf. zunächst die Speerspitzen der arktischen Formen, die in Dänemark und im südlichen Schweden und Norwegen gefunden sind, durch.

1. Specrspitzen von arktischen Formen (p. 62-85).

In *Dänemark* sind zwei Schieferspitzen gefunden; die eine (Fig. 27) stammt aus einem Kjøkkenmødding (der alteren skandinavischen Steinzeit), Vålsevig, auf der Insel *Falster*.

Die andere stammt aus einer Riesenstube von Bornholm.

Im südlichen Schweden sind 23 Spitzen gefunden, teils aus der älteren, teils aus der jüngeren Steinzeit.

Aus dem südlichen Norwegen sind ungefähr 30 Spitzen erhalten, einige davon auf Wohnplätzen der älteren Steinzeit, aber *nur im westlichen* Norwegen.

Es ist somit deutlich, dass die Schieferspitze nur äusserst selten in Dänemark vorkommt und nicht in der Weise, dass man sie als eine

¹ Compte rendu du Congrès international de Stockholm 1874, I p. 177. — Sielle auch Prof. Montelius: "Die Kultur Schwedens in vorchristlicher Zeit" p. 37.

gemeine skandinavische Form bezeichnen kann. Ferner ist es eine Haupt-Tatsache, dass es in Schweden und im östlichen Norwegen eine grosse Anzahl Wohnplätze aus der skandinavischen Steinzeit gibt, wo nicht eine einzige Schieferspitze gefunden ist. — Verf. meint daraus schliessen zu dürfen, dass die Schieferspitze nie skandinavisch ursprünglich war.

Die Frage, woher denn die Schieferspitze stammt, ist indessen damit nicht entschieden. Der Form, des Materials und anderer Merkmale wegen vermutet Verf., dass die Schieferspitze aller Wahrscheinlichkeit nach eine Nachahmung, eine Umbildung einer Beinspitze sei.

Dies lässt sich nun tatsächlich beweisen, indem einige Ornamente an einer Schieferspitze von Dänemark (Fig. 27), der oben erwähnten von Välsevig, sich an Beinspitzen (Fig. 28) wiederfinden. Das Ornament ist ein Winkelornament (Fig. 26), das teils zu einer Zickzacklinie zusammengesetzt werden kann, teils Dreiecke bildet.

Die Zickzacklinie und die Dreiecke werden nun an Beinspitzen gefunden, sowohl aus der ältesten Steinzeit Skandinaviens (Fig. 28, 29, 32, 33), als aus der älteren europäischen Steinzeit (Fig. 30, von Fernewerder, Kr. Westhavelland, Brandenburg); endlich werden sie auch an Beinspitzen der mitteleuropäischen Madeleine-Zeit (Fig. 36—42) gefunden.

Durch den wichtigen Fund einer Schieferspitze im Ostseeton¹, wird endlich bestätigt, dass die Schieferspitze schon in der *Ancylus-Zeit* existiert hat, und dass sie wahrscheinlich aus der mitteleuropäischen Beinkultur der Madeleine-Zeit stammt.

Vers. vermutet daher, dass die arktische Kultur vielleicht eine direkte Fortsetzung der mitteleuropäischen Renntierkultur sei.

Es wird ferner angenommen, dass sich diese arktische Kultur mit der allmählichen Zurückziehung des Renntiers gegen Norden, längs der südlichen Ostseeküste nach Finnland und den nordischen Teilen Schwedens und Norwegens zurückgezogen habe.

2. Beile (p. 85-90).

Auch die Beile der arktischen Formen bestätigen diese Hypothese. Merklich und interessant ist es unterdessen, dass im westlichen Norwegen die Formen der älteren skandinavischen Steinzeit (Nøstvetzeit) durch die arktische Kultur beeinflusst scheinen; so ist z. B. Fig. 43 ein Beil von einem sehr charakteristischen Wohnplatz der älteren skandinavischen Steinzeit im westlichen Norwegen; dieser Typus ist deutlich durch die arktischen Formen beeinflusst. Dieser Typus ist wieder ein Ausgangspunkt

¹ Globus 1899, I p. 248.

für andere, jüngere, speciell west-norwegische Formen (Fig. 44). Diese jüngeren Formen ersetzen im westlichen Norwegen teilweise die Beile der spitz- und dünnnackigen Formen der skandinavischen Steinzeit.

III. Technik. Gesteinsarten (p. 91-102).

Bei den Beilen aus Feuerstein ist die Darstellungsmethode wie bekannt nur ein Zuschlagen mit nachfolgender Anschleifung des Beiles gewesen. Es gibt doch manche Exemplare, die nie geschliffen gewesen sind.

Die Beile aus anderen Gesteinsarten als Feuerstein sind indessen nicht durch Zuschlagen hergestellt, sondern durch eine allmähliche Abstossung der Oberfläche. Dies Abstossen scheint zuerst bei dem stumpfnackigen Beiltypus angewandt und ist eine sehr bedeutungsvolle Erfindung gewesen.

Die Methode des Abstossens lässt sich bei den norwegischen Beilen sehr gut studieren. Fast sämtliche Beile der verschiedenen Typen sind vom Anfang an durch diese Methode hergestellt. Doch ist es interessant wahrzunehmen, wie die Beile des dicknackigen Typus öfters vollständig geschliffen sind; man darf wohl in dieser Tatsache eine deutliche Beeinflussung der Technik der Feuersteinstypen sehen. Die Methode der Abstossung verschwindet indessen im jüngsten Steinalter nicht, indem auch zu dieser Zeit eine Menge von Beilen mit Schaftloch durch Abstossung der Oberfläche hergestellt sind.

Die Beile der verschiedenen Typen von Beilen ohne Schaftloch sind auch geschliffen, aber nur selten mehr als an der Schärfe. Die Exemplare, welche wie z. B. Fig. 13, vollständig geschliffen sind, sind deutlich durch die Technik der Feuersteins-Beile beeinflusst.

Das Zuschlagen der Beile ist wahrscheinlicherweise — wenigstens bei den Beilen aus anderen Gesteinen als Feuerstein — im jüngeren Steinalter von untergeordneter Bedeutung gewesen.

Die Gesteinsarten der Beile sind von Prof. Dr. W. C. Brøgger untersucht (Bilag II, p. 187). Er hat gefunden, dass dieselben samtlich specifisch norwegisch sind.

IV. Statistische Verhältnisse. Import (p. 103-110).

Eine Übersicht der sämtlichen Steinaltersfunde Norwegens ist p. 104 gegeben. Es sind bis jetzt im ganzen ungefähr 5500 Funde mit 7500 à 8000 Steinsachen bekannt. Von diesen sind ca. 300 Funde aus der älteren

Steinzeit; also sind ungefähr 5200 Funde aus der jüngeren Steinzeit. Sie sind fast alle Einzelfunde.

Die absoluten Zahlen der verschiedenen Typen (p. 178) erweisen eine Steigerung gewisser Kulturverhältnisse, namentlich des Verkehrs, sowie eine immer grössere Verbreitung der Kultur. — Interessant sind indessen besonders die Zahlen der Feuersteins-Beile im Verhältnis zu den Beilen aus anderen Gesteinen. Aus archäologischen Gründen muss es ängenommen werden, dass der Feuerstein in Norwegen als Rohmaterial nicht gewöhnlich gewesen ist. Prof. O. Rygh hatte indessen eine entgegengesetzte Auffassung dieses Verhältnisses, indem er annahm, dass der Feuerstein in Norwegen auf natürlichen Vorkomnissen hinreichend verbreitet gewesen sei; diese Auffassung wurde von ihm auch durch eine geologische Hypothese von Herrn T. Dahl1 begründet.

Prof. Dr. W. C. Brøgger hat Unterdessen in der citierten Arbeit auch diese Frage kritisch beleuchtet und kommt dann zu dem Resultat, dass natürlich vorkommender Feuerstein im ganzen Kristianiagebiete praktisch genommen nicht vorhanden ist.

Diese Tatsache zwingt zu der archäologischen Schlussfolgerung, dass das gesamte Material von Feuerstein und Feuersteinsachen aus der Steinzeit eingeführt worden ist, und zwar von Schonen und von den dänischen Inseln.

Die Zahlen der Feuersteins-Beile im Verhältnis zu den Beilen aus anderen Gesteinsarten (p. 51) beweisen dann eine allmähliche Steigerung des Importes während der jüngeren Steinzeit.

V. Topographische Studien (p. 111—151).

Ein Verzeichnis ungefähr sämtlicher Steinzeitfunde im südöstlichen Norwegen ist p. 112—113 gegeben. Die Tabellen sind in folgender Weise geordnet: Für jeden Bezirk (Amt) sind die einzelnen Kirchspiele angegeben. In der ersten Kolumne ist die Anzahl der Beile des spitz-breitnackigen Typus, in der zweiten diejenige des dünnnackigen, in der dritten diejenige des dicknackigen angegeben; in der vierten Kolumne sind sämtliche Steinalterfunde anderer Art angegeben.

P. 111—136 sind die Hauptzuge der Besiedelungsgeschichte behandelt. Die Hauptgrundlage einer Einteilung ist die grosse Wasserscheide: Dovre-Langfjeldene, wovon die Flüsse nach der einen Seite hin lange und krumme Wege nach dem Kristianiafjord laufen, in grossen, gut angebauten

Tälern, welche gute Verkehrsstrassen bilden; — nach der anderen Seite kurze, an Wasserfällen reiche Flüsse in engen, spärlich angebauten Tälern.

Die Übersichtskarte, die als Beilage dieser Abhandlung mitfolgt, gibt in grossen Zügen die Besiedelungsgeschichte. Erstens sind die Küstenstrecken sehr gut angebaut. Weiter landwärts folgt dann die Besiedelung genau den Wasserläufen bis nach den grossen Seen des centralen Norwegens. Merkwürdig und interessant ist es, dass man aus dem archäologischen Material auf eine teilweise Besiedelung vom westlichen Norwegen aus in den oberen Teilen der grossen Täler des südöstlichen Norwegens schliessen kann.

Die detaillierte topographische Untersuchung der Funde gibt eine gute Übersicht der Besiedelungsgeschichte des südöstlichen Norwegens.

Erstens kann man konstatieren, dass die Besiedelung den Tälern gefolgt ist. Dies bestätigt die allgemeine Regel. Wichtiger ist es, dass die Besiedelung nicht wesentlich ausserhalb der Täler reicht. Dies Verhältnis ist weiter eng mit der Tatsache verbunden, dass die ganz überwiegende Mehrzahl der Steinzeitfunde aus den angebauten Bezirken stammt. Die Ursache dieser Erscheinung ist nicht gerade, dass die Steinzeitmenschen eben nur anbauungsfähiges Land aufsuchten. Der bestimmende Faktor aller neolithischer Besiedelung ist das Verhältnis zum waldfreien Lande.

»Der Urwald ist der Feind und nicht der Freund des Menschen« sagt Prof. J. Hoops in seiner grossen Arbeit »Waldbäume und Kulturpflanzen«¹, wo besonders diese Verhältnisse einer kritischen Prüfung unterworfen sind.

Die jüngeren Steinzeit-Menschen haben auch in Norwegen vorzugsweise offene, nadelwaldfreie Gegenden aufgesucht. Es wäre dann sehr wichtig, wenn man nachweisen könnte, ob die Gegenden, die tatsächlich in der jüngeren Steinzeit besiedelt waren, in grösserem Masse nadelwaldfrei gewesen sind. Wir vermissen leider die Mittel dazu, dies direkt nachweisen zu können; vermutlich darf man doch etwas schon aus den gegen wärtigen Verhältnissen schliessen. Wahrscheinlicherweise war doch in der jüngeren Steinzeit die Eiche weit mehr verbreitet als gegenwärtig. Mit Sicherheit kann man auch annehmen, dass die Kiefer, ganz wie in unseren Tagen, eine weite Verbreitung gehabt habe. Dagegen kann man ganz sicher annehmen, dass die Tanne — mindestens während des älteren Teiles der jüngeren Steinzeit — eine weit geringere Verbreitung hatte, als gegenwärtig. Ihre Einwanderung von Schweden (über Finnland) hat sehr spät stattgefunden.

¹ Prof. Dr. J. Hoops: "Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum", Strassburg 1905 p. 91 f.

Wenn man mit diesen Kenntnissen die Besiedelungs-Gebiete der jüngeren Steinzeit durchgeht (man sehe die Übersichtskarte), scheint es in der Tat, als ob im wesentlichen die Gegenden, die gegenwärtig von Nadelwald bedeckt sind, auch in der jüngeren Steinzeit eine entsprechende Bewaldung gehabt hätten. In den Tälern, wo die Funde sich eng an den Wasserlauf anschliessen, dürfen wir somit schliessen, dass hier vielleicht viel Nadelwald vorhanden war, so dass nur die Talsohle einigermaassen offen, vielleicht mit Laubhölzern bedeckt war. Und anderseits; wo die Funde, wie z. B. in der Umgebung des grossen Sees Mjösen, über grössere Flächen verbreitet sind und nicht streng dem Wasserlauf folgen, — dürfen wir schliessen, dass der Untergrund hier vielleicht zum grossen Teil von Laubwald bedeckt, oder ganz offen war.

Eine Hauptfrage ist es, ob die Besiedelung der jüngeren Steinzeit im südöstlichen Norwegen eine derartige war, dass die Steinzeitmenschen Ackerbau und Vieltzucht kannten.

Durch eine kritische Durchmusterung der Funde der jüngeren Steinzeit im Vergleich mit denjenigen der älteren Steinzeit weist Verf. nach, dass die letzteren am deutlichsten an eine Küstenlinie gebunden waren, die ersten aber sämtlich in angebauten Gegenden gemacht sind. Der Unterschied ist deutlich ein grosser und wesentlicher.

Ferner ist es, durch Vergleich mit Dänemark-Schweden wahrscheinlich, dass auch Norwegen in der jüngeren Steinzeit ganz wie diese Länder Ackerbau und Viehzucht hatte.

Endlich ist es deutlich, dass die gesamten Einzelfunde, deren Anzahl jährlich wächst, nicht mit der Annahme eines nomadisierenden Volkes übereinstimmen können, wohl aber kräftig die Auffassung bestätigen, dass Norwegen eine Ackerbau- und Viehzucht-treibende Bevölkerung während der jüngeren Steinzeit besessen hat.

Eine sichere Methode zur Erreichung eines wahren Bildes der Dichtigkeit der Besiedelung ist sehr schwer zu finden, indem so manche Verhältnisse störender Art eingreifen. Ich habe es, um eine Übersicht zu erlangen, bequem gefunden, zu berechnen, auf wie viele Quadratkilometer des angebauten Landes je ein Fund gemacht ist. Somit ist gefunden, dass in den besten Gegenden der Steinzeit-Besiedelung nur 2 — zwei — Funde auf 1 km² gemacht sind. Diese Gegenden sind nun hauptsächlich eben die angebauten Küstenstrecken ringsum den Kristianiafjord, ferner das flache Land am See Tyrifjord, nordwestlich vom Kristianiafjord, und schliesslich die auch gegenwärtig besten Ackerbau-Gegenden in Jarlsberg, an der Westseite des Kristianiafjords.

Die Besiedelung der Steinzeit kann somit auf folgende Gruppen verteilt werden:

- a. die Küsten-Besiedelung, die also die älteste gewesen ist (die Nøstvetwohnplätze) und hauptsächlich längs dem Kristianiafjord angereichert war. Die Bevölkerung war eine Fischer-Bevölkerung, die sich natürlich auch von Jagd nährte. (Eine Fischangel aus Bein, die sehr wahrscheinlich aus der Steinzeit stammt, ist am Drammensfjord gefunden).
- b. die Besiedelung der Ebenen innerhalb der Fjord-Enden kann nicht scharf von der Küsten-Besiedelung getrennt werden; doch ist deutlich hier der Ackerbau vorherrschend gewesen. Die besten Gegenden dieser Besiedelungsgruppe sind die offenen, teilweise mit Laubhölzern bedeckten Strecken von Flachland, z. B. die Kirchspiele Kråkstad, Ås, Aker, Bærum-Asker u. s. w.
- c. Endlich die Besiedelung der Täler, die zugleich die wichtigste ist. Sie kann in den grossen Tälern des Glommen mit Gudbrandsdals-Lägen, Drammen-Randsfjord u. s. w. studiert werden.

Über die in den Beilen ohne Schaftloch angewandten Gesteine. (S. 167—175).

Von

Prof. Dr. W. C. Brøgger.

Es wurden im ganzen ca. 240 nicht aus Feuerstein bestehende Beile ohne Schaftloch aus dem SO. Norwegen auf ihr Gesteinsmaterial untersucht; für 213 derselben konnte das angewandte Gestein ziemlich genügend bestimmt werden, nämlich bei

107 spitz- oder breitnackigen 61 dünnnackigen 45 dicknackigen

213

Das Resultat der Bestimmung geht aus der Tabelle S. 168 hervor.

Die angewandten Gesteine zeigen sich durchgehends unter Typen ausgewählt, welche den Anforderungen auf hinreichende Zähigkeit und Festigkeit genügen konnten.

Während somit für die zugehauenen älteren Beile der Nostvetzeit Gesteine mit dichter Struktur und muscheligem Bruch (Hornfelse verschiedener Art etc.) angewandt wurden, sind derartige, dem Feuerstein ähnliche Gesteine für die jüngeren Beile ohne Schaftloch fast nie gebraucht (1 Explr. aus Hornfels).

Für die jüngsten Schaftlochbeile, welche vollständig feingeschliffen sind, sind auf der anderen Seite z. T. ziemlich grobkörnige eugranitische Gesteine, Porphyrgesteine mit grossen Einsprenglingen (Rhombenporphyre etc.) angewandt; auch derartige Gesteine fehlen ziemlich durchgehends in den Beilen ohne Schaftloch (Ausnahme I vollständig geschliffenes Beil von Gunnerø, Skouger aus ziemlich grobkörnigem Granit).

Die Beile ohne Schaftloch bestehen deshalb aus feinkörnigen, zähen Gesteinen, vorherrschend Eruptivgesteinen, deren divergentstrahlige Struktur dieselben für die bei der Verfertigung der Beile angewandte Methode, ein Zustossen (mit zahlreichen kleinen Schlägen mittels eines spitzeren oder stumpferen Steines) geeignet machte.

Vorherrschend sind deshalb verschiedene Gangdiabase und feintafelige Syenitporphyre; im ganzen 107 aus der ganzen Anzahl 213 (58 aus 107 spitz- oder breitnackigen, 27 aus 61 dünnnackigen, 22 aus 45 dicknackigen), also ziemlich genau die Hälfte.

Ausserdem fanden sich ca. 30 Beile (1/1) aus feinkörnigen Gabbrogesteinen, Amfiboliten und feinkörnigen Graniten und Gneisen, ferner 14 (1/14) aus helleren, feinkörnigen Ganggesteinen (Aplit, Lindöit, Mænait etc.), 15 (1/14) aus Grorudit, 27 (1/8) aus sehr zähen, dichten dunklen basaltischen Laven (Augitporphyriten., Labradorporphyriten etc.), 11 aus verschiedenen festen Sandsteinen.

Sämtliche Beile (aus anderen Gesteinen als Feuerstein) sind verfertigt aus Gesteinen, welche aus norwegischen Vorkommnissen stammen oder stammen können. Entscheidend sind hier erstens die Diabase und Syenitporphyre etc., zweitens namentlich die Grorudite, welche nur aus dem Kristianiagebiete stammen können. Nicht weniger als 15 Beile waren aus diesem sonst sehr seltenen Gestein verfertigt; das Verzeichnis (S. 172) derselben zeigt, dass unter diesen kein dicknackiges und nur 1 oder 2 dünnnackige Beile sind, dagegen 13 spitz- oder breitnackige, also 1/8 der ganzen Anzahl. Die Verbreitung dieser Beile auf der Strecke zwischen Drangedal in Bratisberg, in SW., und Eidsvold und Udenes in Hedemarken, in NO. zeigt, dass diese Beile durch den Verkehr der Menschen der Steinzeit über grosse Teile des SO.-Norwegen verbreitet worden sind, und bezeugen somit, dass schon während dieser Zeit recht lebhafte Handelsverbindungen stattgefunden haben (S. 171-174).

Es wird schliesslich angedeutet, dass die specielle Auswahl des seltenen, schön grüngefärbten Grorudit als Beilmaterial vielleicht auf eine Tradition von einem anderen, grünen Gestein, dem *Nephrit*, zu beziehen sei; eine Stütze dieser Annahme sei es vielleicht auch, dass die Groruditbeile, obwohl spitz-breitnackig, sämtlich vollständig geschliffen sind.

Tilføielser og Rettelser.

Til p. 5, note 1.

Jeg har desværre her citeret professor Montelius urigtigt. I Antiqv. Tidskrift XIII, p. 34, nævner Montelius en *dysse frà Tune* pgd. Det er kun citatet: Ab. 1879 p. 101, som er feilagtigt, og som ledede mig på sporet av den i note 1, p. 5, citerede jættestue fra Skjæltorp i Skjeberg.

Der skal stå: 1869, p. 101 i Montelius' citat, så vil man på det sted i Loranges reiseberetning finde en beretning om en dysse fra Grålundskoven i Tune pgd., Smål. — Der står her: "— en mærkelig Stensætning i Grålundskoven. De opreiste Stenes Antal er, som sædvanlig i Tune, 9; men i Cirkelens Midte sees et firkantet Gravkammer, hvis fire Sidestene ligger halvt over, halvt under Jorden og dækkes af en stor Overligger. Dette Mindesmærke har i hele sin Ordning overraskende meget tilfælles med Stenalderens Runddysser, — kun at de omgivende Stene er altfor regelmæssige, og at Kammerets Sidestene slutte for nøiagtigt til hverandre. Overliggeren er i længst forsvunden Tid halvt afveltet, og Kammeret tømt, uden at nogen vidste at fortælle mig om, hvad deri fandtes."

Der er dog grund til at tvile lidt på at dette monument har været en dysse. Hvad det ellers skulde ha været er ikke godt at si; man kunde dog vel tænke sig, at det har været en hellekiste av stenalderens yngste gravform.

Til p. 10.

Dr. Andr. M. Hansen har i Ab. 1905, p. 161, leveret et modindlæg til prof. Brøggers og mit arbeide ("Strandlinjens beliggenhed" og "Øxer av Nøstvettypen") og er bl. a. kommet ind på nogle av de spørgsmål, der i Indledningen er gjennemgåede. Dr. Hansens nye indlæg kræver imidlertid intet yderligere svar, undtaget et par punkter vedrorende ældre stenalder, hvilke jeg skal besvare på et andet sted. Både angående anvendelse av "stenredskaber" i bronzealderen og m. h. t. gravspørgsmålet i Norge hævder dr. Hansen fremdeles sine anskuelser. Det er imidlertid meget vanskeligt at komme til nogen forståelse, når dr. Hansen ligeoverfor stenaldersgravene fra Klop anfører:

"Efter beskrivelsen får jeg nærmest indtryk av at man kanske ikke engang har en bronsealders grav, men en ældre jernalders gravplads "på flat mark" (4 grave fundne), hvor en enkelt grav har indeholdt en del flintesaker — således som man har flere paralleler til." (1. c. p. 182. Udhævelserne gjort av mig).

Jeg ber bemærket, at det her dreier sig om stenkister, hvori der er fundet sex smukke, endogså usædvanlig smukke flintdolke, og intet mere. — Jeg skal imidlertid ikke opholde mig længere ved dette. Hvad der kan sies om alle disse punkter, er sagt med tilstrækkelig tydelighed i Indledningen.

- P. 15 linje 16 nedenfra, står: påvise, skal stå: forklare.
- P. 60 skal ester fig. 25 stå: "Øx tilhørende arktisk stenalder".
- P. 74. De to avbildede tversuit av benspidsen fra Fernewerder, er tagne ved foden av spidsen. Overalt ellers har den et ovalt tversnit.
- P. 96 l. 7 og 8 nedenfra, står: R. 90 a og l, skal stå: R. 90-91.

Tabellen, p. 112-113, gør kun krav på omtrentlig fuldstændighed. Det viser sig, at tallene er høist bevægelige. Allerede siden den er endelig udarbeidet (december 1905) er fundenes antal på flere steder foroget. (Grue, Hedemarken, Opdal i Hallingdal, etc.). Av speciel interesse er imidlertid en tyknakket ox fra en plads Ranum i Våler pgd., Hed., fundet 1905. Som avsluttende hovedbebyggelsen i Glommenvasdraget har jeg p. 122 nævnt Hof pgd. Dette ene fund tor muligens antyde at vi med årene vil fa at trække grænsen noget længere nord end nu, måske ved Elverum.

P. 139—142. Under behandlingen av spørgsmålet om fast bosætning har jeg muligens lagt for stor vægt på en eventuel "almindelig udbredt mening". Som konservator Schetelig har gjort mig opmærksom på, er det nemlig ingen norske arkeologer, der ikke forlængst er på det rene med, at den yngre stenalders fund repræsenterer fast bosætning. Det er kun en ikke-arkeolog, dr. Hansen, der har gået ud fra det modsatte. Med hensyn til spørgsmålet om agerbrug hos nomader (note 1, p. 139), da foreligger derom nye oplysninger i Ed. Hahns avhandling: "Demeter und Baubo. Versuch einer. Theorie der Enstehung unseres Ackersbaus", Leipzig 1896. Hahn drar heri sterkt tilfelts mod den ensidige overdrivelse av nomadeteorien og lægger stor vægt på hakke-dyrkningen og godtgjor overbevisende, at en primitiv jorddyrkning har været drevet længe før den egentlige agerbrugsperiode og ret vel har ladet sig forene med nomadeliv. Denne teoretiske betragtning støttes på det beste av de franske undersøgelser over kornarter og kulturplanter i palæolitisk tid. (Hvede og vinterbyg.) Med rette har derfor prof. J. Hoops i "Waldbäume ctc." sagt: "Die Anfånge der Bodenkultur liegen jenseits der Grenzen der Geschichte selbst der åltesten Kulturvolker."

Text til det vedføiede oversigtskart.

Kartets topografiske grundlag er kopieret efter oberst Nissens kart over det sydlige Norge i målestokken 1:600 000. Tegnforklaring er sat til.

M. h. t. orienteringen må oberst Nissens kart veilede. Det var nødvendigt at gjøre oversigten klar, hvorfor stedsnavne, kirke, veie etc. ikke er avsat. Man får derved overblik over det væsentlige: fundenes regelmæssige fordeling langs vasdragene. Kap. V ovenfor (Topografiske Studier) er en fyldigere text til kartet. Der er ialt avsat henimod 2300 fund. Hvert av disse er avsat efter sammenligning med rektangelkarterne, hvor disse findes; andre steder med amtskarterne; der skulde således være tilveiebragt så stor nøiagtighed som omstændighederne tillader. Mange er de fund, der ikke har kunnet avsættes, da betegnelsen har været for vag og ubestemt, som f. ex: "på Hadeland", "i Smålenene" etc.



. ١



.

•

.

,

NORTHERN WATERS:

CAPTAIN ROALD AMUNDSEN'S OCEANOGRAPHIC OBSERVATIONS IN THE ARCTIC SEAS IN 1901.

WITH

A DISCUSSION OF THE ORIGIN OF THE BOTTOM-WATERS OF THE NORTHERN SEAS.

BY

FRIDTJOF NANSEN.

(WITH II PLATES.)

(VIDENSKABS-SELSKABETS SKRIFTER. I. MATHEMATISK-NATURV. KLASSE 1906. No. 3.)

UDGIVET FOR FRIDTJOF NANSENS FOND.

CHRISTIANIA.

IN COMMISSION BY JACOB DYBWAD.

PRINTED BY A. W. BRØGGER.

1906.

Fremlagt i Fælles-Mødet d. 23de Marts 1906.

To

Roald Amundsen

the careful planner and happy leader of Arctic enterprise, a tribute

from

the author.

. ·

Contents.

| Chapt, I. | Introductory Remarks |
|-----------|---|
| II. | Instruments |
| III. | Distribution of Temperature, Salinity, and Density on the |
| | Sea Surface |
| IV. | The Cold and Heavy Bottom-Water of the Barents Sea 20 |
| | Polar Surface Water of Northern Barents Sea 55 |
| V. | The Waters of the Northern Norwegian Sea and the East |
| | Greenland Polar Current |
| VI. | The Formation of the Bottom-Water of the Norwegian Sea - 85 |
| VII. | The Bottom-Water of the North Polar Basin 95 |
| | Postscript |
| Table I. | Surface-Observations |
| Table II. | Deep Sea Observations |
| Plates I- | YI. |

·

I. Introductory Remarks.

After having bought his now famous little vessel, the Gjea, Captain Roald Amundsen wished to make a preparatory cruise in the Arctic seas, in 1901, in order to try the vessel, and to gain experience with her in the ice, before starting on the quest for the Magnetic North Pole and the North West Passage. To pay the expences of this first cruise, Amundsen was to catch seals in the Barents Sea, the Spitsbergen Seas, and the East Greenland Sea; but at the same time he was anxious to make use of the opportunity for scientific work; I proposed that he should make oceanographic observations. If carefully carried out with modern instruments I knew they would be of great scientific value, especially in the sea north of Jan Mayen, between Spitsbergen and Greenland, where hitherto very few trustworthy investigations have been made. If Amundsen should succeed in his plan of going through the ice, to the east coast of Greenland, he would be able to make a hydrographical section across the East Greenland Polar Current, which would be of the highest value, and would probably solve problems of importance in understanding the Physical Oceanography of the whole Norwegian Sea. Captain Amundsen accepted the proposal with enthusiasm, and he then got the following instrumental equipment: 1 insulated Pettersson-Nansen Water-Bottle, 1 smaller water-bottle of my construction (which was not insulated but which closed tightly, and gave perfect water-samples), 2 Nansen Deep-Sea-Thermometers (from Richter, Berlin), for the insulated water-bottle, I Reversing Thermometer from Richter, Berlin, 2 Negretti-Zambra Reversing Thermometers, a few lenses for reading off the thermometers (to avoid parallax), several ordinary thermometers (from the meteorological Office, Christiania), a few Nansen closing Plankton-nets of different sizes, and several thousand bottles for holding the water- and plankton-samples. Captain Amundsen had a very good hand-winch with 2000 metres steel line specially constructed,

and he also had a meter-wheel of my construction (the larger size of those now delivered through the International Central Laboratory of Christiania).

He also constructed a simple water-bottle for taking water-samples and temperatures down to moderate depths, while the vessel was sailing.

He received instruction in taking all kinds of oceanographical observations, and both he and his assistant, Sergeant Ristvedt (also a member of his present expedition through the North West Passage), had some practice in taking of water-temperatures and water-samples etc. in the laboratory and on the ice in Christiania Fjord.

Thus better equipped for physical oceanographic research than any arctic expedition before, Captain Amundsen started from Tromsø on April 22, 1901. He returned to Tromsø again on September 4, 1901. with a splendid collection of observations, 2128 water-samples, 627 plankton-samples, etc. He had also thrown out 382 bottles (with post cards) for determining the drift. The post-cards were addressed to me, and I have received a good many which will be mentioned later.

The ice-conditions had been unfavourable, so that Amundsen had not been able to penetrate the ice and reach the East Coast of Greenland. He had therefore not succeeded in taking a complete transverse section of the East Greenland Polar Current and underlying waters; but still, the series of observations which he succeeded in taking from this region are, as we shall see below, of fundamental importance in understanding the origin of the *bottom-water* of the Norwegian Sea, which forms more than two thirds of the quantity of water filling this basin.

Amundsen was, however, so keen on completing the task he had set himself, viz. of taking a complete section of the Greenland Polar Current, that in his first telegram from Tromsø, he asked me whether he might keep the instruments and oceanographical equipment, on board the vessel, as he wished to go out again the following year to make the complete section of the Polar Current. It was only on my advice that he gave up this plan. I thought it was still more important for him not to delay by one year the preparation for his expedition to the Magnetic North Pole.

The plankton-samples brought back by Amundsen have been examined by Professor H. H. Gran, and will be described by him in a special paper.

II. Instruments.

After observations at the first five stations having been taken with the Pettersson-Nansen insulated Water-Bottle this instrument was lost by an accident (the steel-line broke), and all deep-sea temperatures after that time were therefore taken with the Richter or Negretti and Zambra Reversing Thermometers.

Richter Reversing Thermometer No. 113.

This instrument was one of the first two reversing thermometers which were made at my suggestion by Richter in Berlin, and which he sent me for my approval in March 1901. After having tested it I sent it to Amundsen. The thermometer was made of Jena glass 16 III, and had a small thermometer enclosed inside the outer protecting glass-tube by which the temperature of the broken-off mercury could easily be determined simultaneously with the reading off. It is the same improvement which has since been introduced on all reversing thermometers from Richter. The scale was divided into fifths of degrees. The instrument had the disadvantage, that if it was not reversed somewhat roughly with a shock, the mercury would not break off. The reversing apparatus had therefore to be specially arranged for this purpose.

The thermometer No. 113 was tested at *Physikalisch-Teknische Reichs-anstalt* in Charlottenburg, Berlin, in March 1901 (where it received the number PTR 15657) and its zero-correction was determined again (four independent determinations giving uniform results) on September 13, 1901, immediately after the the return from the expedition, by my assistant Mr. Jakob Schetelig at our laboratory in Christiania.

Corrections of Richter Reversing Thermometer No. 113.

| | Corrections. | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|--|
| Scale. | March 1901 Charlottenburg. | September 1901 Christiania. | | | | | |
| — 2 [.] 5° C. | + o'o6° C. + o'08 , | • + oʻo56° C. | | | | | |
| + 10.0 " + 50.0 " | + 0.06 " + 0.01 " | | | | | | |

+ indicates that the error has to be added to the observed temperature in order to find the correct temperature. By several determinations it was also found that if the mercury be broken off at temperatures about zero, the correction due to the difference of temperature at which it is read off, is about 0.0098° C. for each degree the broken-off mercury is cooled or heated.

Amundsen made one observation of the zero-correction of the instrument during the voyage, on July 1, 1901, but as he himself remarks it is of no value as it was too difficult to make the mercury break off. As the thermometer was made of Jena normal glass 16 III it may be assumed that it has altered its corrections fairly gradually during the time of the voyage, and as the instruments were, as a rule, exposed to lower temperatures than in the laboratory it seems probable that the corrections were if anything somewhat smaller than as indicated above. It may therefore be assumed that the zero-correction during the voyage was very nearly + 0.06° C.

Negretti and Zambra Reversing Thermometers Nos. 72012 and 72620.

These thermometers were several years old, and were of the ordinary type delivered by Negretti and Zambra. They were made of ordinary English glass, and the scales were devided into whole degrees. The graduation was rather rough, so that it was somewhat difficult to read off the temperature accurately, with a reading lens, or even with a reading microscope.

The following determinations of the zero-correction were made.

| | | , |
|-----------------------------------|------------------|------------------|
| Date. | N. Z. No. 72012. | N. Z. No. 72620. |
| March, 1901, Christiania | — 0.13 ° C | — oʻ16 ° С. |
| July, 1901, Gjøa | - o'135 " | — O'14 " |
| September 5, 1901, Gjøa, Tromsø | oʻ20 " | — oʻ2o " |
| September 12, 1901, Christiania . | - o'136 " | |
| September 13, 1901, Christiania . | - o'16 , | - 0.13 ° |

Zero-corrections.

The mercury broken off at zero expanded by an amount equal to about o'or ° C. of the scale, for each degree it was heated.

The zero corrections determined by Mr. Jakob Schetelig at the laboratory in Christiania before and after the voyage were taken with a reading microscope, and were consequently fairly accurate. In March, 1901, at the same time as Schetelig, Amundsen also determined the zero-correction of the same thermometers with one of the ordinary lenses, such as he used on the voyage, and it than appeared that it was very easy to get a somewhat too great correction, as he everal times obtained — 0.20 for No. 72620, whilst it should have been — 0.16. This is evidently due to the very thick and coarse division-marks of the thermometer scale.

It is a striking fact that the temperatures taken during the voyage with these thermometers are nearly always lower than those taken simultaneously with the Richter Reversing Thermometer No. 113. The difference is strangely enough very uniform, about o'10° C. (cf. the Tables of Observations). This proves that Amundsen has evidently read of his thermometers with great care, and by a very uniform method. It does not seem probable that these old Negretti and Zambra thermometers should have altered their error so much as to indicate during the voyage on the average about o'1° C. lower than they did both in March, before the voyage, and in September, after the voyage; and besides, this would not be in accord with the zero-corrections taken during the voyage. But it does not seem more probable that the Richter thermometer, made of Jena glass No. 16^{III}, should suddenly have altered its error during the voyage, as much as to indicate o'1° C. higher than it did both before and after. It seems more probable that some fairly uniform error has been made during the reading off of the Negretti and Zambra thermometers, perhaps some error of parallax e. g. the axis of the reading lens may have beeen placed not perfectly perpendicular on the stem of the thermometers; and as the stem is very thick, only a slight error of parallax is sufficient to amount to o'1° C. in the reading.

In order to determine the temperature of the broken off mercury, at the moment the thermometers were read, they were always placed in a waterbath for some time before the reading was taken. The temperature of the water-bath was taken simultaneously, and recorded in the journal. The reading were subsequently corrected accordingly.

Nansen Deep-Sea Thermometers. Richter Nos. 109 and 110.

These thermometers were of the same type as now generally made by Richter for the Pettersson-Nansen Water-Bottle. They were made of

¹ The determinations of the zero-corrections made on board the Gjøa on September 5, 1901, in Tromsø, are therefore less trustworthy than those made at Christiania.

Jena Glass No. 59^{III} , and protected by an outer strong glass tube. The stem was filled with an inert gas, nitrogen or carbonic acid, in order to prevent the division of the mercury thread which was found very trouble-some during the voyage with the Michael Sars, in 1900. This gas in the stem proved a great improvement. The scale ranged from -3 to $+8^{\circ}$ C. in No. 110, and from -3 to about 10° C. in No. 109. Both scales were divided into tenths of degrees centigrade. A degree had on No. 110 a length of 1 cm. but was in No. 109 somewhat shorter.

Both instruments were tested at the *Charlottenburg Reichsanstalt* in March, 1901, and were marked PTR 15655 (for 109) and PTR 15656 (for No. 110).

The following determinations of the corrections were made.

Deep · Sea Deep-Sea Thermometer No. 109. Thermom. No. 110. Scale March 14, Septb. 5. Septb. 12, Septb. 13, July 1, March 14, 1001 1901 1901 1001 1001 1001 Charlottenb. Christiania. Charlottenb. Gjøa. Gjøa. Christiania. o'o6 ° C 0.01 + o.10 ° C o'13 ° C. o.13 ° C. + o[.]105° C. 0 0.02 0.00 + 0.03 0'07 +8, + 0.03 + 0.07 + 10,

Corrections.

Thermometer No. 110 was lost with the Pettersson-Nansen Water-Bottle in May 1901.

It seems somewhat puzzling that No. 109 should have indicated so much lower during the voyage than it did before and afterwards. Amundsen says in his journal, that on Juli 1, a piece of freshwater ice drifting in the sea, was used for the zero-determination. It may seem doubtful whether this ice has been sufficiently pure; but according to zero-determinations made with other thermometers in the same ice, simultaneously, it does not seem probable that the ice can have been impure enough to have caused any significant error. On the other hand it seems more probable that Amundsen has got fairly pure ice in Tromsø for his determination on September 5, 1901.

Thermometer No. 638.

This was a thermometer which Amundsen had from the Meteorological Institut at Christiania for taking surface-temperatures. Its zero-

correction was: ± 0.0 in March (Christiania), on July 1, and on September 5, 1901.

This instrument was generally used for the surface-temperatures. Three meteorological thermometers, Nos. 0, 35 and 39, were also occasionally used for the sea-surface. The corrections of these instruments were also insignificant.

The Amundsen Water-Bottle.

This instrument was constructed by Amundsen for taking watersamples and temperatures from the upper water-strata, while the vessel was under sail. It was a glass-bottle with fairly wide opening and was closed by a lid made of brass plate with a sheet of india rubber on its underside; the lid was pressed down by a strong spiral spring. The glass bottle was protected outside by a hempen network, and it had a heavy lead attached underneath. When the bottle was thrown out the line was kept quite slack while the bottle was sinking; when it had sunk to the desired depth, a sudden pull in the line opened the lid, the bottle was filled and hauled up. The temperature was then at once taken by an inserted thermometer, and a water-sample stored. Is does not, however, seem probable that the lid has been able to close so perfectly tight as to prevent water from being pressed in during the sinking of the bottle, and the temperatures and samples obtained in this manner from the water-strata down to 15, and sometimes even 25 metres, cannot therefore be considered as perfectly trustworthy. They are, however, of value, in as much as they at any rate give some information as to the conditions of the waterstrata underlying the surface-layer, which is of special importance in the arctic seas, where ice is melting on the surface.

On cold days when the sea-water was cooled to its freezing-point (or even perhaps slightly supercooled) near the sea-surface, the water-samples taken by this small water-bottle, have evidently given erroneous results. It is seen in Table I, that on April 30, on May 3—May 9, and May 23—May 28 most samples taken from 5 and 10 metres or deeper, give remarkably high salinities, some even above 36 %. The explanation obviously is that as soon as the cold sea-water, cooled to its freezing-point or perhaps even slightly supercooled, has been enclosed in the small cold water-bottle it has begun to form ice on the glass-walls, and the water-sample taken after the bottle came on deck again, has got a much too high salinity. It seems somewhat surprising that the salinity thus resulting has in many cases become rather uniform, (e. g. about 35.26 %). The explanation may be that the taking of the sample has required about the same time in the

different cases, and that consequently about the same quantity of ice may have been formed on the bottle. It is also a striking coincidence that the salinities obtained are especially high on days with very low air-temperature (e. g. May 3, 6, 26—28). The glass-bottle may probably have been very cold, when it was sent down, and the cold glass with frozen hempen network outside, may have intensified iceformation inside the bottle. In some cases the sample taken from one depth (e. g. 5 metres) gives a very high salinity, whilst the samples taken from other depths give more probable salinities. The latter may have been taken after the former, and in that case the bottle by being filled with water once before, may then have become heated to the freezing point of the sea-water; with a smaller formation of ice subsequently as the result.

This formation of ice has, however, in several cases, obviously had the opposite effect, and produced samples which have given much too low salinities. The explanation is evidently that there have been numerous small ice-needles floating in the sea-water, which have got into the water-samples. We thus see that water-samples taken on such cold days, with the sea-water at about its freezing-point, are not trustworthy, unless special precautions be taken to avoid errors caused by the formation of ice on the water-bottles. Even samples taken with the bucket on such days, may give erroneous results from the same reason; but, as the water-bucket would hold a much greater quantity of water, and the hauling up would take less time, the effect of the formation of ice will be much less in this case.

The Water-Samples.

The water-samples were taken very carefully especially from the deeper strata. The water-bottle was wiped outside and around the tap in order to prevent possible drops of surface-water from getting in with the water-sample when run out into the glass-bottle. The glass-bottles, used for surface-samples, would hold about 100 cubic-centimetres; whilst all samples from the Stations were taken in bottles holding 150 cubic-centimetres. They were closed by cork-stoppers which had been carefully selected. The bottles had been washed out in hot water for several days at the laboratory, before the expedition started. When the samples had been taken, the cork-stoppers were driven down as hard as possible into the necks of the bottles, which with the corkstoppers were dipped into melted paraffine-wax, and tied over with fairly airtight paper. To judge from the determinations of the chlorine, especially of the samples from the Stations, it seems as if the cork-stoppers have on the whole held very

tight, and the evaporation has in fact been insignificant, except in a very few cases.

The water-samples were examined by titration (Mohr) at my laboratory in the University of Christiania, as soon as possible after they were received. The titrations were carefully made by Mr. Ingolf Leivestad; they were frequently controled by my assistant Mr. Jakob Schetelig, whose determinations with the Hydrometer of Total Immersion agreed on the whole well with Leivestad's results. Mr. Leivestad controled every ten titrations by means of Standard Water, determined by Mr. Schetelig with Hydrometer of Total Immersion.

Mr. Schetelig gives the following information about the Standard Water and Leivestads' determinations:

"The Standard-Waters were obtained by mixing several samples of sea-water in a big glass-bottle, which was afterwards filled into green selters-bottles with patent india-rubber stoppers; 8 or 10 bottles were in this manner obtained of each water. Standard Waters Nos. I, II, and III were used by Leivestad for about 3000 titrations. The values for the salinity of the Standard Waters, were exclusively based on determinations of the specific gravity by means of the Hydrometer of Total Immersion. The following final values were obtained as the means of a series of determinations.

| | | | | | σ_{0} | S º/ou | Cl. ⁰ / ₀₀ |
|---------------|----------------|-----|----|--|--------------|--------|----------------------------------|
| Sept. 9, 1901 | Standard-water | No. | I | | 27.71 | 34'49 | 19'09 |
| Nov. 11, 1901 | _ | , | II | | 28.00 | 34.85 | 19.39 |
| Jan. 1, 1902 | _ | ,, | Ш | | 28.03 | 34.87 | 19,30 |

"The accuracy of the value of σ_0 is probably inside a limit of \pm 0.005 (i. e. inside \pm 0.000005 of specific gravity).

"Standard-Water No. I has unfortunately a lower salinity than a Standard-Water ought to have, and this water was used for the titration of all samples of deep water from Amundsen's Stations. The same water (No. I) was also used for the titration of Makaroff's samples (see below).

"In order to use Mr. Knudsen's Titration-Tables a series of aid-tables had to be computed.

"If by the use of this Standard-Water No. I, with the low salinity, any error at all has been introduced into the determinations, this error must be constant for all of them, and may be computed."

"By comparing the results of the titrations I have, however, come to the conclusion, that there cannot be any great error. The values obtained by titration and by the Hydrometer of Total Immersion agree very well, where both kinds of determinations have been made (Makaroff's samples, Amundsen's samples in selters-bottles, many samples of deepwater from the cruise of the Michael Sars 1900, and the samples from Wollebæk's Stat. II)."

Jakob Schetelig.

Two series of water-samples were taken by Amundsen in green selters-bottles with patent india-rubber stoppers, which close perfectly tightly. The bottles were old and had been washed for days in hot water. They would hold about 600 cubic-centimetres of water. The samples were examined by Mr. Jakob Schetelig with the Hydrometer of Total Immersion and by Mr. I. Leivestad by titration. I give below the results as computed from Martin Knudsens Tables.

| Station. | Date and | Depth in | i | elig by Tot. Imm. | Leives Titra | Difference in | |
|----------|---------------|-------------|---------|----------------------|-----------------|------------------|---------|
| | | Locality. | metres. | | S 0/00 | Cl. º/00 | S 0/00 |
| 6а | May 9, 1901 | r | 27.63 | 34 38 | 19.04 | 34'40 | + 0.01 |
| | 69° 32′ N. | 5 | .65 | '42 | .042 | '4 I | - '01 |
| | 45° 37' E. | 10 | ı | | ·04 | ' 40 | ĺ |
| | | 20 | .63 | .38 | .04 | ·40 | + ·o2 |
| | 1 | 30 | .63 | .37 | '045 | '4 I | , + .o3 |
| | | 40 | .62 | 37 | ·o55 | .42 | + .02 |
| | | | | 1 | | | + 0.039 |
| 228 | July 11, 1901 | 1 | 26.72 | 33.56 | 18.39 | 33.55 | - 0.04 |
| | 74° 26' N. | 5 | . 77 | .31 | ·44 | .31 | .00 |
| | 6° 24' W. | 10 | 27.03 | '64 | ·6 2 | ·6 ₄ | .00 |
| | - | 20 | ·44 | 34'14 | .00 | 34.14 | .00 |
| | • | 30 | .73 | .51 | 19,10 | .21 | .00 |
| | | 40 | .61 | .73 | '22 | .72 | 01 |
| | ' | | | · I | 1 | | - o.oo8 |

We see that the values obtained by the two methods of determination of the samples from the sea east of Greenland in 74° 26′ N. Lat. agree much better than those of the samples from the Barents Sea. Provided that the titrations have given fairly accurate results, this seems to indicate that in the water from the Barents Sea there has been a comparatively great amount of chlorine, giving a salinity which is on the average about 0.03 0,00 too high; whilst in the sea east of Greenland the permillage of Chlorine has been about normal, perhaps slightly too small. The explanation may be, that on July 11, 1901, ice, exposed to low temperatures during the winter, had been melting at the surface in the region where

the samples were taken; whilst on May 9, in the Barents Sea, very little ice had melted, though much ice had been formed and exposed to low temperatures, in this region, during the winter. It is also a striking coincidence that in Makaroff's samples from the upper water-strata of the sea near Franz Josef Land and between these islands and Novaya Zemlya (see below), the chlorine values also give higher salinities than the specific gravities, and the discrepancy is greater than might be explained by errors of observation. It is also striking that the determinations of Makaroff's samples from the deeper waters, from 300 metres Stat. 77, and from 100 and 200 metres Stat. 82, agree very well, the titrations giving slightly too low salinities. The values obtained for the samples from 250 and 300 metres Stat. 83 agree also fairly well, but those for the sample from 350 metres show a greater discrepancy. The determinations by titration and by Hydrometer of Total Immersion of the samples from Wollebæk's Stat. II (see below) agree also fairly well, the discrepancy being between + o'or % near the surface (10 metres) and — 0.015 % near the bottom (120 metres). We see that in this region of the sea, the disagreements go on the whole in the same direction, the chlorine gives comparatively high values of salinity near the surface, but comparatively lower salinities for deeper water.

The Accuracy of Determinations of Temperature and Salinity in the Vertical Series at the Stations.

The temperatures taken with the Richter Reversing Thermometer No. 113, are probably correct to within a few hundredths of a degree Centigrade. The instrument was made of very good glass (Jena Glass 59^{111} , see above), was divided neatly, by very thin and distinct marks, into fifths of a degree centigrade, and the indications could easily be read off by means of a specially arranged lens, with an accuracy of \pm 0.01 °C. And by means of the enclosed small thermometer the temperature of the broken off mercury was always determined at the moment of reading.

¹ By some rough experiments made at the Central Laboratory for the International Study of the Sea, at Christiania, we have found that where ice is formed in sea-water no appreciable alteration is produced in the relation between the quantity of chlorine and the specific gravity of the sea-water, although the salinity of the latter be much increased. The recent investigations of Dr. W. Ringer: "Ueber die Veränderungen in der Zusammensetzung des Meereswassersalzes beim Ausfrieren" (No. III: Verhandelingen uit het Rijksinstituut voor het onderzoek der Zee, 1906, Helder) prove that it is only after the ice is exposed to temperatures below — 8° o C. that the relation between the chlorides and the other salts (especially sulphates) in the brine of the ice, is appreciably altered.

The temperatures taken with the Negretti and Zambra Reversing Thermometers are not so accurate. The graduation of the scale of these instruments is as usual very rough, and their indications could hardly be read off with greater accuracy than \pm 0.05° C. with the lenses. But in the final values there may be still greater errors, owing to possible variations of the instrumental errors etc.

The accidental errors of the salinity determinations as obtained by titration are, as a rule, hardly more than \pm o or $0/\infty$. But, as mentioned above, there might in addition be a small constant error, owing to the Standard Water used, which is, however, insignificant. In another way there may, however, be a more significant error in the salinities. For a work which Mr. Helland-Hansen and the present writer are now preparing on the "Physical Oceanography of the Norwegian Sea", we have made very accurate determinations of the Specific Gravity and the Chlorine of the cold Bottom-Water of the Norwegian Sea, and it appears that the salinities computed by Knudsen's Tables from the chlorine may for this kind of water 1 be between 0.01 and 0.03 0/00 lower than those obtained from the specific gravity. It seems therefore probable that the salinities and densities (σ_i) given in Table II, for Amundsen's cold deep water may be somewhat too low, owing to the deficiency of chlorine in this water; e. g. in the case of the salinities from 1700 and 2000 metres at Stat. 16, they may probably have been about 34.92 % instead of 34.90 or 34.89 0 / ∞ , and the density (σ _i) may probably have been 28.12 instead of 28'10.

In some cases the salinities obtained for the samples of deep water are obviously too high. This is, however, not due to inaccuracies of the determinations; the cork-stoppers of the glass-bottles have probably not been perfectly tight and some slight evaporation has occurred during the time between the taking of the sample and the titration. As examples may be mentioned the samples from 150 and 250 metres at Station 20 (July 4, 1901). These samples gave salinities of 34.95 and 35.05 %, whilst the real value was between 34.91 and 34.92 % to judge from the density of the water-strata above and below these depths. The salinities obtained give densities (σ_i) of 28.13 and 28.20, which would make the water sink very rapidly; and further, no salinities of such high values were observed in any depth at neighbouring stations.

¹ Cf. B. Helland-Hansen and F. Nansen, The Physical Oceanography of the Norwegian Sea, Report on Norwegian Fishery- and Marine Investigations, vol. II, No. 2.

It has been pointed out above that water-samples taken from the surface strata on very cold days, especially with the Amundsen Water-Bottle, may give much too high salinities owing to formation of ice on the water-bottle, or they may give too low salinities owing to ice-needles floating in the water.

The results of Amundsen's observations are given in Table I and II, at the end of this paper. For further information the reader is referred to the explanations of these tables.

III. Distribution of Temperature, Salinity, and Density on the Sea Surface.

Captain Amundsen's numerous surface observations give most valuable information about the distribution of Temperature, Salinity, and Density on the surface of the Barents Sea and the Northern Norwegian Sea in the summer months of 1901. It is very fortunate that at the same time the Captains of the three sealing vessels the Capella (Capt. Støkken), the Jasai, and the Hvidfisken also took surface observations (temperature and watersamples) for the Bureau of the Norwegian Fishery- and Marine-Investigations under Dr. J. Hjorts leadership. Mr. Helland-Hansen who arranged the taking of these valuable observations, has kindly let me have the results for introduction here in the chart Pl. I.

In the months of May, June, and July, 1901, Dr. Hjort, with the "Michael Sars", took many stations between Northern Norway and Spitsbergen. The surface observations from these stations have also been here introduced in the chart, Pl. I.

Finally Dr. N. Knipowitsch made in July, 1901, a cruise in the Barents Sea with the "Andrei Perwoswanny" (see the chart, Pl. I).

The whole of the material thus available gives an unusually full account of the distribution of surface-temperatures and salinities in these months.

The isohalines have been drawn chiefly in occordance with the observations made in June, and July 1901. As the surface-temperatures vary rapidly with the season, no isotherms have been drawn.

If Amundsen's surface-observations, made at different times in the same region, be compared with each other, and if his observations be compared with those made by the other expeditions in the same region, it is seen that at most places, both in the Barents Sea, in the seas south of Bear Island, west of Spitsbergen, and also north of Jan Mayen, the observations taken early in the season give as a rule lower temperatures and higher salinities than those taken later. This is most striking in the case of the Barents Sea, where in April and May Amundsen found surface-salinities approaching 34'9 %, whilst later in the season the surface-salinities in the same region often sink much below 34'0 %.

In the first days of June there were surface-salinities of about 34.8 % of in the region of Amundsen's Stations II and I2, whilst only a month later the salinities in the same region had, according to the observations of Capt. Støkken of the Capella, sunk to about 34.52, 34.01, and 33.52 %.

On August 1st, 1901, Capella also crossed Amundsen's route, and where the latter found salinities about 34.52 %, on June 5, 1901, there was 33.37 % then, two months later. In July, 1901, Dr. Knipowitsch also crossed Amundsen's route at several places (see Pl. I), and he everywhere found much lower surface salinities than the latter found in April, May, and the beginning of June. E. g. in about 74°30′ N. Lat. and 33°30′ E. Long., Amundsen found, on June 6, 1901, about 0.0° C. and 34.56 %, whilst Knipowitsch a little more than a month later found about 1° C. and below 34.0 % 1. And near 74° N. Lat. and 40° E. Long. Amundsen found on June 5, 1901, —0.8° C. and 34.44 %, whilst Knipowitsch found in July about 1° C. and below 33.0 %, etc.

In the sea west of Spitsbergen there are similar although much smaller differences between the observations of the Jasai and the Hvidfisken in June and those of Amundsen in July and August.

In the sea north of Jan Mayen, in the region of Amundsens Stats. 13—23, similar and very prominent changes occurred during June and July, 1901, as is seen if Amundsens observations from the end of June be compared with those he took later in the same region.

South of Bear Island the conditions seem to be rather complicated and to change rapidly. In June, 1901, Amundsen there found temperatures about or below zero, and salinities between 34.62 and 34.94.000, whilst Dr. Hjort, with the Michael Sars, a little more than a month later, found in the same region temperatures between 0.7 and 2.7° C., and salinities between 34.52 and 34.69.000.

The explanation of this general reduction of salinity is probably that at the end of the winter the surface salinity of these cold regions of the sea has, as a rule, attained its maximum, owing to the formation of ice at the surface, in the same region during the winter. During the summer this ice is again melted, and the surface-salinity accordingly reduced.

It is also seen that the density of the sea surface is, in these cold regions, very much higher in the beginning of the summer, than later, not only owing to the lower temperature but also as a result of the higher salinity. And whilst, at the end of the winter, the cold surface-water of the ice-forming region has, as a rule, a higher density than that of the

¹ According to Knipowitsch's section, Ann. Hydr. u. Marit. Meteor. 1905, Pl. 6, Fig. 2.

Atlantic Current¹, this relation is altered during the summer, and the former surface-water becomes often much lighter than the latter, and has consequently a tendency to spread out over it. When Amundsen crossed the Atlantic Current (Gulf Stream) west of Bear Island, on June 14—15, 1901, the surface density (σ_t) was to a great extent between 27.80 and 27.90, whilst further west near the ice east of Greenland the surface density in June sank frequently below 27.50, and 27.40, and later even much lower.

If the observations in these regions be not fairly simultaneous, it is, therefore, very difficult to draw the isohalines, and it will necessarily become a matter of judgement which observations ought to carry most weight. It seems probable, however, that the isohalines of Pl. I, on the whole, give a fairly correct idea of the horizontal distribution of the salinity at the surface for the end of June and the beginning of July, 1901.

The isohalines of 35'1, 35'0, 34'9, and 34'8 \(^0\)\text{\text{o}}\) show the course of the Atlantic Current, or Gulf Stream, in this region. The waters with comparatively high salinity extend far westwards in the region east and north-east of Jan Mayen. This seems to be a very general feature occurring in most years, according to the observations made with the Michael Sars and others. But in the latitude of 73° N., or between 72 and 73° N., water with salinities below 34'8 and 34'7'0\(^0\)\text{\text{o}}\, and with comparatively low temperatures, extends eastwards to about 10° E. Long. where, however, a narrow branch of Atlantic water with comparatively high salinity and temperature extends northwards and follows almost exactly the edge of the continental shelf, west of Bear Island. It ends as a very narrow tongue west of Prince Charles Forland, off the Spitsbergen Coast.

This Atlantic water seems to have a tendency to send off a branch of water with salinity above 34.8 % westwards between 74 and 77 N. Lat., and to perform a partially cyclonic movement in this region, which, however, is not very clearly demonstrated by the observations in June and July, when this movement is obviously much altered; but it is probably more prominent, even on the surface, earlier in the season and at the end of the winter 2 (see also the map of temperature and salinity at 50 metres, Pl. V).

¹ Cf. for instance Amundsen's surface densities (σ_t) in the Barents Sea, in April and May, 1901, which were very frequently about or even above 28:00 (see Table I, σ_t), and considerably higher than those of the Atlantic current north of Norway at the same time.

² This is demonstrated by the observations which will be published in the Memoir by Helland-Hansen and the present writer, "On the Physical Oceanography of the Norwegian Sea", Report on Norwegian Fishery- and Marine Investigations, Vol. II, No. 2.

The course of the North Cape Current, running into the Barents Sea, is to some extent indicated by the isohalines of 34.8 and 34.9 %. Near to the northern Norwegian coast comparatively warm coastwater with lower salinity runs eastwards into the southern and southeastern parts of the Barents Sea, but farther north a very narrow branch of warm water with salinity above 34.8 and 34.9 % extends eastwards and is bent in a curve towards the northeast, corresponding in shape very markedly with the configuration of the bottom (cf. Fig. 1, p. 24). The existence and exact position of this branch is proved by the observations of Amundsen, the Capella (both in July and August, 1901), and Knipowitsch, which all of them agree remarkably well, with the exception that Amundsen's observations prove that this branch with surface salinities above 34.8 and 34.9 % extended farther north (towards 75° N. Lat.) on June 5, 1901, than later in July, when Knipowitsch, in his northern Section 1, found surface salinities below 34.0 % in the same region, although there was a very marked indication of the same branch in deeper strata (at 100 metres)1. This saline water is evidently stopped in its eastward course near Longitude 35° E. by the bank between 72° and 73°, with depths less than 250 metres² and is forced in a northerly direction, towards a submarine valley or channel in the bank to the north, in about 74° N. Lat. and 35° E. Long. (Fig. 1, p. 24). The soundings in these regions are not sufficiently accurate, and too scatteerd to allow the isobaths to be drawn with certainty; it is therefore uncertain whether there may possibly be a deeper channel traversing the bank at this place. All observations from later years seem to indicate that at this particular place there is a maximum in the salinities (see Pl. III & IV). It is uncertain, whether a narrow branch is possibly sent off eastwards towards Amundsen's Stat. 11, following the southern slope of the channel which possibly runs in this direction. As, however, there are very few soundings in this region the existence and form of this channel is uncertain.

The isohaline of 34'4 % seems to indicate that there may possibly be a tedency towards a kind of cyclonic movement in the sea east of Bear Island where, according to Amundsen's observations, a tongue of water with salinity below 34'0 % extends southeastwards.

Knipowitsch's observations, along his northern section, as well as those of the Capella, indicate that in July, 1901, a broad tongue of water, with

2

¹ Knipowitsch, loc. cit. Pl. 6, Fig. 5.

² See Nansen, Oceanography of N. Polar Basin, Norw. North Polar Exp. 1893—96, Scientific Results, vol. III, No. 9, Pl. III.

salinities below 34.0 and 33.0 %, extended far southwards along the meridian of 40° and 42° E. Long., whilst a broad branch with salinities above 34.0 % extended northwards off the coast of Novaya Zemlya, and even towards Franz Josef Land, where Capt. Støkken (of the Capella) found salinities of 34.59 and 34.61 %, on July 13, 1901. The form of the isohaline of 34.0 % evidently indicates roughly the course of the current in this region, and here also, there seems to be a tendency towards a greater cyclonic movemment, with water flowing eastwards in the region north of the Russian coast, northwards along the coast of Novaya Zemlya, westwards, south and southwest of Franz Josef Land, and a southward movement of colder and less saline water along the meridian of 40° E., on the eastern side of the bank in 75° N. Lat.1

Southeast of Bear Island Amundsen's observations show two patches of water with salinitles above 35.0 %; the increase of the salinity in the neighbourhood seems to indicate that these values are trustworthy (and not errors due to evaporation through the cork-stoppers). The actual course along which this water has travelled is difficult to trace; but it appears most probable that the water has followed the edge of the bank (the Continental Shelf) or very nearly the isobath of 300 metres (see Fig. 1, p. 24), and that it is a continuation of the water with salinity above 35.0 %, in about 19° E. Long. along the Capella's route to the south, in June. There may be a tendency towards a cyclonic movement as indicated by the isohalines on the chart (Pl. I), colder and less saline water extending southwards from the vicinity of Bear Island. The observations at the stations of the Michael Sars in July 1901, also seem to support the correctness of this view.

It is a noteworthy fact that the surface temperatures and salinities found during Dr. Hjort's cruise with the Michael Sars in these waters in September 1900, indicate a very similar course of the isohalines and isotherms in this region²; which seems to prove that the above peculiar distribution of the salinity is not due to accidental conditions prevailing

¹ My chart showing the surface temperatures and salinities of the Barents Sea about Aug. 1, 1893, (Oceanography of N. P. Basin, Pl. II) was based on much more scanty and less accurate material. It gives a somewhat different representations of the distribution of salinity; but the general features agree to some extent. The values of the salinities are on that chart about 0.15 0/10 higher than the values now obtained by Knudsen's Tables.

² Nansen, Nyt Mag. f. Naturvidensk. vol. 39, Christiania, 1901, Pl. I. See the isotherms for 6° C. and 7° C. The values of the salinity are here about 0'12°/00 higher than the values computed by Knudsen's Tables. South of Bear Island the isohaline for $25^{\circ}0^{\circ}/_{00}$ (= $34^{\circ}9^{\circ}/_{00}$) should probably have had a form more like the isotherm of 8° C.

only in June and July 1901, but is of a more general nature. Very peculiar is the apparent island of wather with a salinity of about 34.88% in the route of the Capella in about 71°50′ N. Lat. and 170°30′ E. Long.

In September, 1900, a very similar feature was found in the same region, and it seems probable that the tongue of less saline water very frequently entends as far south as this and takes part in the cyclonic movement.

IV. The Cold and Heavy Bottom-Water of the Barents Sea.

Dr. N. Knipowitsch has recently given a most valuable description of the Physical Oceanography of the Barents Sea¹, based upon the excellent Russian investigations during recent years, since 1900, and led by himself and by Dr. Breitfuss. This subject will not be touched in detail here; the reader is referred to Knipowitsch's paper. Amundsen's series of temperatures and salinities from this sea, in April and May 1901, will, however, form a valuable addition to the Russian investigations, as they give information about the conditions in the southeastern part of the sea, earlier in the season than has hitherto been acquired, and they demonstrate clearly the great difference between the conditions obtaining in winter and in summer, which has been already pointed out by Knipowitsch. Amundsen's observations especially, give us valuable information about the formation of the cold water during the winter, which is found as a cold layer near the bottom in summer.

As it is of much importance for our subject, "the origin of bottomwaters", the formation of this cold bottom-water of the Barents Sea and its distribution will be discussed here somewhat more closely.

In his memoir on the "North Ocean" Professor Mohn mentions the low bottom-temperatures of the Barents Sea, and gives a map of the bottom-isotherms². As it is based on the imperfect observations of various previous expeditions this map cannot be expected to be correct, but still it gives a very characteristic feature, viz. the rapid sinking of the bottom-temperature towards Novaya Zemlya, where even as low temperatures as -2.6° C. (!) and -2.1° C. had been observed, as was often the case with the imperfect instruments of those days.

¹ N. Knipowitsch, Hydrologische Untersuchungen in Europäischen Eismeer, Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, 1905.

² H. Mohn, The North Ocean, its Depths, Temperature and Circulation. *The Norwegian North Atlantic Expedition 1876—1878*, Christiania 1887, Pl. XXV.

In the writer's memoir on the "Oceanography of the North Polar Basin" 1 attention was drawn to the extremely cold and heavy bottom-water in the eastern part of the Barents Sea, especially off the coast of Novaya Zemlya. At our Stations 1 and 4, in July 18938, water with a temperature of -1.14° C. and -1.11° C. and salinity of 35.01 0/00 and 34.99 $0/00^{8}$ was observed near the bottom, whilst the salinity was much lower in all overlying strata. At our Stat. 3 there was a bottom layer nearly 100 metres thick with temperature below — 1.3° C., near the bottom it was — 1.63° C. and salinity about 34.88 \%. At Wollebæk's Station II (W II, Fig. 1, p. 24) off Novaya Zemlya (71° 48' N. Lat., 49° 38' E. Long.), on May 31, 19004, the bottom-water (in 120 metres, 8 metres above the bottom) had a temperature of -1.80° C., and a salinity of 35.165 $^{0}/\infty$, which gives a density (σ_{i}) in situ of 28'33. This is the heaviest sea-water which to writers knowledge has been observed anywhere in the Ocean. The salinity of the strata overlying this bottom-layer was $34.88 \, ^{\circ}/_{\odot}$ with a temperature of $-1.65 \, ^{\circ}$ C. (see Table later p. 40).

In the summer of 1893, Dr. Knipowitsch also observed the low temperatures of this cold bottom-water at various Stations in the eastern Barents Sea⁸, but his methods of determining the specific gravity was not sufficiently accurate to bring out its very high salinity. In recent years, after 1900, both Dr. Knipowitsch and Dr. Breitfuss have made highly interesting observations on the occurrence and distribution of this cold water ⁷. Some observations taken near the bottom⁸, may be given as examples in the Table on the next page.

The writer previously held the opinion that the cold bottom-water of the Barents Sea is divided into two portions — the northern cold bottom-water coming from the sea to the north, northeast, and east, and the southern bottom-water having two or three sources, viz. bottom-currents from the east and north east, and the surface of the sea itself, which is

¹ The Norw. N. Polar Exp. 1893—1896, Scientific Results, vol. III, No. 9, pp. 279—283.

² Op. cit. p. 244.

³ All salinities are here computed by means of Knudsen's Tables.

¹ Nansen, op. sit. p. 273.

⁵ As to the accuracy of this value see below p. 40.

⁶ Knipowitsch, Bulletin de l'Académie imper. des Sciences de St. Petersbourg, vol. VII, No. 3, 1877, pp. 269 et seq. (Russian).

⁷ Cf. Knipowitsch, Ann. d. Hydro u. Marit. Meteorologie, 1905.

⁸ Cf. Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer, Bulletin des Resultats Acquis pendant les Courses Periodiques, Copenhagen, Aug. 1901, May 1903, May and Aug. 1904.

⁹ Op. sit., p. 280.

Bottom-Observations in Barents Sea.

| | Station I | Date | N. Lat. | E. Long. | Depth in Metres | Temp. | Sal. "/00 | $\sigma_{ m t}$ |
|--|---|---|---|---|---|---|--|--|
| Southern Coast Bank | N 5 N 6 W 1 A 6 A 7 | July 27, 1893 , 28, , May 25, 1900 , 9, 1901 | 69° 43′ 69° 25′ 69° 0′ 69° 32′ 69° 40′ | 54° 23' 57° 7' 41° 0' 45° 37' 46° 30' | 50 20 65 60 80 | -1'55 -1'67 -1'65 -1'88 -1'24 | 34'55 '22 '10 '39 '77 | 27'83 '55 '46 '71 |
| Novaya Zemlya Coastal Shelf | N 38 N 4 IV II M 57 R 17 R 18 R 19 R 20 R 22 R 24 R 8 | | 71° 22′ 71° 23′ 71° 48′ 75° 1′ 74° 2′ 74° 29′ 75° 7′ 75° 35′ 76° 29′ 76° 13′ 71° 12′ 71° 13′ | 50° 6' 51° 36' 49° 38' 54° 55' 52° 36' 54° 28' 54° 51' 56° 16' 59° 10' 55° 0' 49° 45' 51° 0' | 127 70 120 150 150 150 175 150 113 100 120 | -124 -163 -111 -180 -18 -164 -17 -165 -170 -102 -170 -173 -16 | 34'88 '99 35'17 '04 34'87 35'07 34'99 35'05 '03 34'83 35'01 | 28'09 17 33 23 09 25 19 23 20 22 06 |
| Central Hollow of Eastern Ba- rents Sea | N 1 R 10 R 13 R 29 R 30 R 31 R 32 R 7 R 26 R 11 R 10 R 9 R 24 R 22 | July 22, 1893 Aug., 1902 "" "" "" "" "" "" "" "" "" "" "" "" " | 70° 43′ 72° 42′ 73° 14′ 75° 42′ 75° 34′ 75° 31′ 75° 27′ 71° 30′ 71° 38′ 73° 29′ 72° 42′ 71° 30′ 71° 30′ | 39° 20' | 200 270 260 300 300 310 260 330 350 265 320 285 300 | -1'14 -1'27 -1'46 -1'4 -1'4 -1'25 -1'38 -1'38 -1'85 -1'84 -1'8 -1'79 -1'8 | 35°01 34°92 35°03 34'99 96 35°07 34'90 35°05 34'94 94 97 92 90 96 | 28'19 '12' '21' '18 '15 '23 '11' '22' '15 '18 '13 '12' '14 |
| Channel com- municating with Central Hollow | d II | May 31, 1901 | 73° 7' | 36° 43′ | 300 | -1,40 | 34'94 | 28.14 |

cooled during the winter. The observations of later expeditions, however, enforce a modification of this view. It is now seen that the bottom-water of the Barents Sea has only a very local character, its salinity and temperatures often varying much from one locality to another (cf. the above Table and Amundsen's observations at Stats. 1-12); consequently, it cannot be carried, to any great extent², into this sea by currents. Its chief source is obviously the latter of those mentioned above, viz. the surface of the Barents Sea itself, which is much cooled by radiation of

 $^{^{1}}$ N = Norwegian North Porlar Expedition 1893–1896; W = Wollebæk on board the Heimdal, 1900; A = Amundsons Stations in 1901; R = Russian Stations.

² That such regular extensive bottom currents should be able to traverse the many unevennesses and ridges on the bottom in such a shallow sea seems also a priori extremely improbable.

heat during the winter. The vertical circulation thus produced reaches the bottom in all parts of the sea, where the horizontal circulation is not too rapid, especially in the shallower waters over the banks (as is beautifully demonstrated by Amundsen's Stat. 6), but also, as will be mentioned below, in the northern central part of the central hollow or basin of the eastern Barents Sea. As pointed out in the above mentioned memoir¹ it is "highly probable that the sea-surface in the neighbourhood of the coasts, has a considerably higher salinity at the end of the winter than during the summer, for the water is then less diluted by the admixture of fresh-water from the rivers and the land, and its salinity is on the other hand increased by the formation of ice on the surface"2. It is thus easy to understand how it is, that, in the summer, the cold bottom-waters which are remnants of the cold winter-water, have higher salinities than the overlying water-strata. The top-layers of the sea are then also much diluted by the melting of the ice-masses formed during the winter. As the salinity varies much in the different regions of the shallow sea, it may also be expected that the salinity of the bottom-water in these same regions will vary accordingly. Over the deeper hollows and channels of the sea there is more atlantic water with higher salinity, but there is also at the same time more horizontal circulation in the various water-strata, and the vertical circulation has greater difficulties in reaching to the bottom. The very cold bottom-water is, therefore, more easily formed on the shallower banks and on the shelves near the coasts.

The many series of observations now taken, by Knipowitsch, Breitfuss, Wollebæk, Makaroff, and Amundsen, give a fairly clear idea of the formation of the cold bottom-water of the Barents Sea, and of its distribution in the months between spring and autumn. Distinction may perhaps, for the sake of clearness, be drawn between four cold bottom-waters, formed in four different regions, viz.

- 1) Cold bottom-water with a comparatively low salinity formed on the southern bank or shelf, with wery shallow water, north of the Russian coast, where the sea-water is much diluted by water from the great rivers (typical example is Amundsen's Stat. 6, see Pl. IV, Sect. III).
- 2) Cold bottom-water, often with a remarkably high salinity near the bottom, formed on the shelf along the west and southwest coast

¹ Op. cit. p. 280.

² The same explanation of the origin of the cold bottom-water is also partly accepted by Dr. Knipowitsch in his recent paper, *loc. cit.*, 1905.

of Novaya Zemlya (typical example is Wollebæk's Station II, May 31, 1900).

3) Cold bottom-water, probably with moderately high salinities,

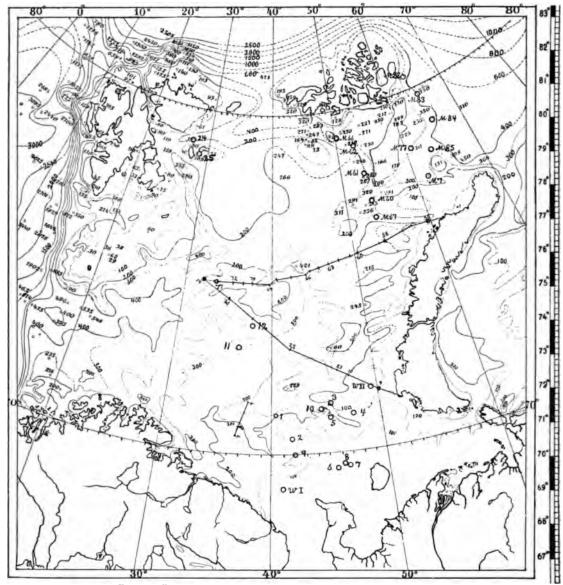


Fig. 1. Bathymetrical Map of the Barents Sea. Scale 1:12,000,000. Isobaths for every 200 metres, and dotted lines for the isobaths of 100 and 300 metres.

formed over the shallow banks in northern Barents Sea (there are no accurate observationes of this water).

4) Cold bottom-wather, with about the same salinity as the Atlantic water in the western Barents Sea (about or above 34.9 %), filling the

central part of the great central depression of the eastern Barents Sea (see Figs. 2 and 3, pp. 26, 27, and Pl. III) frequently with a thin layer of higher salinity close to the bottom.

Horizontal Circulation. It is a striking fact that in most sections, at least in the spring and summer (e. g. Pl. IV, Sections I and II, and Figs. 2, 3, on pp. 26 and 27) there seems to be no connection between the latter bottom-water and that of the banks to the west and south; for on the slope of the central depression there is, even in April and May (Pl. IV, Sects. I and II), water with temperature above zero; and it seems as if no cold bottom-water is formed on this slope. The reason is probably that along the slope there is too much horizontal movement of the water, which renews the water-masses too rapidly to allow the vertical circulation during winter, to cool the whole bulk of water down below zero.

On several previous occasions 2 it has been pointed out that the oceanographical conditions of the Barents Sea beautifully illustrate how the currents have a tendency to follow the deepest channels of the sea bottom 3. Where the moving water meets a projection on the seabottom, it is deflected towards the sides, and if there be openings the water will follow the lines of least resistance. It will, more or less, run outside these projections or banks along their side slopes, even though

Dr. Breitfuss's Section IV, from Kola-Fjord to Mototchkin Shar, Aug. 4-9, 1902 (Petermann's Mitteilungen, 1904, Pl. 4) seems to form a remarkable exception, as it shows no warmer water in the eastern part of the Sea, near the land slope, but there have evidently been quite exceptional conditions at that period, and besides the eastern part of this section must have been in a deep submarine fjord (cf.. Fig. 1, p. 24) approaching the Novaya Zemlya coast so near that there is hardly indication of a coast bank or shelf in the section. If the many other soundings known from this region be correct, there must be very shallow sea both north and south of this fjord, and if so there may be comparatively slow circulation in it. Sections across the same region as Breitfuss's Stations 43 and 44, in other year's - e.g. Breitfuss's Section Fig. 3, p. 27, from Aug. 1904; his Section across the same region in Aug. 1903 (Bull. Courses Period., Pl. V, Arct. II); and Knipowitsch's Section a little farther north, from July 13-19, 1901 (Ann. Hydr. u. Marit. Meteor. 1905, Pl. 6, Fig. 5) - show the typical separation, by warmer water on the slope, between the cold bottom water of the coast bank and that of the central hollow. It seems probable that in Aug. 1902, there has been a similar temporary displacement of the waters as was observed at Amundsen's Stats. 9 and 10, in May 1901 (see below), and also on the slope on the southern side of the Central Hollow in May, 1903 (see below).

² Nansen, op. cit. pp. 260 et seq. See also, Some Oceanographical Results of the Expedition with the Michael Sars in the Summer of 1900; Nyt Mag. for Naturvidenskaberne, vol. 39 Christiania, 1901, p. 152.

³ Dr. N. Knipowitsch has in several papers (cf. op. cit.), carried through the same principle and has shown in detail, how the Atlantic current of the Barents Sea divides into several branches regulated by the depressions of the bottom.

they may not rise very high above the deeper channels. The water over these banks will consequently remain comparatively stationary, forming, as it were, islands of quieter and often heavier (cf. the Novaya Zemlya coast shelf) water, where the horizontal circulation is much reduced, and the vertical circulation may therefore be so much the more effective. As the horizontally moving water is much deflected towards the right by the Earth's rotation, in these high latitudes, it will have a strong tendency to move along the side-slopes of the great hollows and not along their central axes. Where a hollow is great, a cyclonic movement

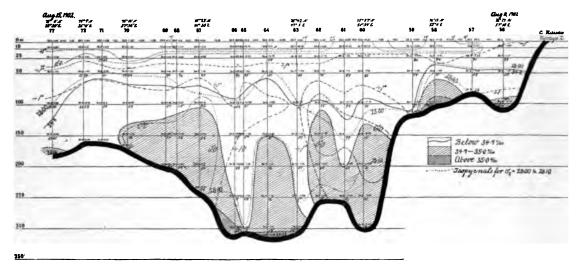


Fig. 2. Section, Aug. 1902, from Breitfuss's Station 56 to his Stat. 77, see line Fig. 1. Horizontal Scale 1: 6,000,000. Vertical Scale about 1000 times exaggerated.

may be produced in this way and the water in the central portion of the hollow may have a comparatively slow horizontal movement, whilst the water along the slopes, especially on the southern and eastern side of the hollow, will move comparatively rapidly. Such seems, for instance, to be the case in the great central hollow, more than 300 metres deep, of the eastern Barents Sea, between 40° and 46° E. Long. (see Fig. 1, p. 24), as will be mentioned below.

The surface map of the Barents Sea (Pl. I), and the maps, Pls. II and III, showing the horizontal distribution of salinity and temperature, in the summer, at 50, 100, 200 and 300 metres, illustrate roughly the main features in this horizontal circulation. The latter maps are based chiefly

¹ This may also be the reason why fishes in different regions of the Ocean seek such banks for spawning. There being comparatively little horizontal circulation, there is less risk of the eggs being carried away by currents. This is clearly demonstrated by Dr. J. Hjort's investigations on the distribution of fish-eggs in the spring on the Norwegian coast banks.

on Dr. Knipowitsch's sections from July and August, 1901, and on Dr. Breitfuss's observations from August 1904, and 1903, and to some extent also 1902. The construction of the north eastern part of the map, the sea between Novaya Zemlya and Franz Josef Land, is based on Admiral Makaroft's observations from August, 1901.

Vertical circulation. The cooling of the sea-surface by heat radiation is very considerable during the winter, in the Barents Sea, and a

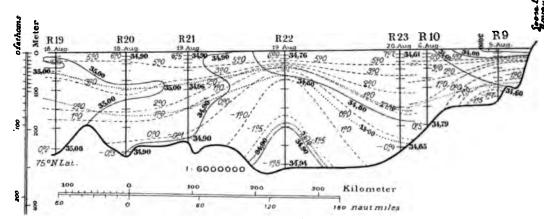


Fig. 3. Section, Aug. 1904, from Russian Stat. 9 (71° 43' N., 50° 25' E.) to Stat. 19 (75° 0' N., 32° 18' E.), see line Fig. 1. Horizontal Scale 1:6,000,000. Vertical Scale 300 times exaggerated. The dotted lines are isopyknals for $\sigma_t = 27$ 90, 28 00, and 28 10.

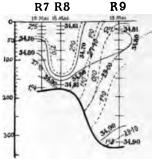


Fig. 4. Section, May 1904, from Russian Stat. 7 (70° 30' N., 36° 40' E.) to Russ. Stat. 9 (71° 30' N., 37° 52' E.), see line Fig. 1. Horizontal and vertical Scale same as in Fig. 3.

very deep vertical circulation is thus produced 1. Vertical series of temperatures and salinities taken in the spring, show as a rule distinct traces of this vertical circulation in most parts of the Barents Sea, but especially over the banks. Amundsen's southern Stations, especially

¹ Dr. Knipowitsch has specially discussed the seasonal changes in temperature and salinity. Cf. op. cit. pp. 299 ct seq.

Stat. 6 (see Table II); are good illustrations. Wollebæk's Stations (see below pp. 35, 40), of May 25 and 31, 1900, are equally good. In the case of the Russian observations taken early in the seasen, similar traces are found. As an example Station 6, on May 4, 1903, in 73° 40' N. Lat., 33° 29' E. Long. (depth 315 metres) may be taken 1. The salinity was nearly uniform, 35.03-35.05 \%, between 15 metres and 310 metres, near the bottom. The temperature was about 1.9° C. and 1.99° C. between 5 metres and 150 metres; deeper it was about 1.4° C.2. The vertical circulation, communicating directly with the surface, has reached, at least, down below 150 metres. This was near the middle of the deep channel, west of Amundsen's Stat. 12 (see Fig. 1), running eastwards into the deep hollow of the eastern Barents Sea. Stat. 5 (May 4, 1903) was on the slope on the south side of this channel, in 73° 32' N. Lat. and 32° 25' E. Long. (depth 204 metres), and here there has evidently been more horizontal movement, for the vertical circulation has not managed to make the water homogeneous down below 50 metres (about 2'1° C. and 35.05 %. Stat. 7 (May 5, 1903) is in the southern part of the great central hollow, on its western slope in 71° 30' N. Lat. and 38° 0' E. Long., and here there has also been rather much horizontal circulation, as the vertical circulation has only been able to make the water homogeneous (about -1.45° C. and 34.70 %) down to 40 metres (as to the rapid horizontal movement on this slope see below).

At Stations 8 (70° 45′ N. Lat., 36° 56′ E. Long., depth 166 metres) and 9 (70° 32′ N. Lat., 36° 38′ E. Long., depth 188 metres) which were taken at the same time on the flat bank south of this hollow, the vertical circulation has made the water practically homogeneous between the surface and bottom, with a higher temperature and salinity (about 1.08° C. and 34.96° 0/00) at the northern Station, which is nearer the deeper hollow. Here the vertical uniformity has not been so complete as at the southern Station (about 0.59° C. 34.88° 0/00), where there has been less horizontal circulation. The salinity was there probably perfectly uniform (34.87 or 34.88° 0/00), whilst the temperature was somewhat lower (about 0.58° C.) in the upper water-strata than in the lower (about 0.69° C.), which might seem to indicate, if the observations be

¹ Bull. d. Results acq. p. l. Courses Period., May, 1903, p. 212.

² Between o and 10 metres there was between 34'88 and 35'01 0/00 and 1'85° C. This lowering of temperature and salinity near the surface has evidently been caused by the melting of some ice, which was met with at this Station. The ice cannot have been very long in this water, for else the surface layers would have got a much lower salinity.

perfectly accurate, that the cooling on the surface was still going on, on May 6, 1903.

In May, 1904, the conditions were different in this same region; the temperatures were higher and the salinities lower.

It is on this same flat coast bank or shelf that Wollebæk's Stat. I, (May 25, 1900, see Fig. 1, W I) and Amundsen's Stat. 6, (May 9, 1901), are situated. They show an equally complete vertical circulation, but with much colder water (-1.65° C. and -1.8° C.) and lower salinities (34.06.0% and 34.40.0%), which might be expected, as they are nearer land.

In these same regions later in the season, there will be found entirely different conditions. The upper strata are then much warmer, and on the banks the salinity is, as a rule, much lower. As example a comparison between the observations in the vertical series below, may serve.

| Depth in Metres | Stat. 10 May 28, 1904 69° 45' N. 37° 20' E. Depth 116 m. | Stat. 1 Aug. 1, 1904 69° 44' N. 37° 20' E. Depth 116 m. | Stat. 13 May 29, 1904 70° 42' N. 46° 0' E. Depth 110 m. | Stat. 4 Aug. 2, 1904 70° 41' N. 46° 0' E. Depth 110 m. | Stat. 14 May 29, 1904 70° 47' N. 47° 8' E. Depth 159 m. | Stat. 5 Aug. 3 1904 70° 48' N. 47° 0' E. Depth 155 m. | Mean Differen- ces be- tween May and August |
|-----------------------|--|---|---|--|---|---|---|
| o { 20 { | 2.0 34.31 1.68 34.60 | 8·79 34·29 8·2 34·45 | { 1'39 34'74 | 7.8 34.45 6.42 34.54 | 34 [.] 87 | 7 ^{.8} 34 [.] 3 ¹ 6.02 34 [.] 70 | 6.6° C. 0.29°/00 6.2° C. 0.17°/00 |
| 30 { 50 { | 1.22 34.60 1.2 | 3 [.] 7 34 [.] 63 1 [.] 65 | 34.76 0.83 | 2.72 34.63 1.2 | 1'2 34'87 1'1 | 2.62 | (2'4° C. 0'09 °/00 (0'8° C. |
| 75 { | 34.26 1,32 34.61 | 34.63 34.63 | 34'74 0'55 34'79 | 34.67 1.1 34.62 | 1.02 | 34'72 1'9 34'81 | o'06 °/ _∞ o'6° C. o'06 °/ _∞ o'35° C. |
| 110 { | 1,32 34,61 | 1.62 34.63 | 34.81 (34.81 | oʻ25 34 [.] 67 | 6.85 34.87 | 1 '23 34 '79 | o'3° C. |
| 150 { | | | 1 | | 34.88 — 0.02 | oʻ5 34ʻ76 | o'55° C. |

It is seen, that the difference in temperature, produced in 65 days, is very nearly the same at the three different places above, being slightly higher at the western Station. It is between 6.4 and 6.8° C. near the surface, between 5.9 and 6.5° C. in 20 metres, between 0.15 and 1.5° C. in 50 metres, between 0.3 and 0.85° in 75 metres, about 0.3 or 0.4° C. in 100 metres; and 0.55° C. in 150 metres. But the differences in salinity are on the whole considerably greater at the eastern Stations.

In the deeper western parts of the sea, which is more exposed to horizontal circulation, and farther away from land and from the region in which great ice-masses melt, there is much less difference between the salinities in spring and autumn; and also less difference in temperature near the surface. As example, observations from a few depths of the Station 5, of May 4, 1903, mentioned above, may be taken and compared with those at the same place taken in August, 1903.

| Depth in Metres | May 4 73° 33° | Stat. 5 | | | | | |
|--------------------|---------------------|---------|------|------------------|--------|------------------|--|
| | ° c. | °/ | ° C. | °/ ₀₀ | °C. | °/ ₀₀ | |
| 0 | 2'1 | 35.01 | 5.7 | 35.01 | 3.6 | 0,00 | |
| 40 | 2.07 | 35.02 | 5.7 | 35.03 | 3.63 | 0'02 | |
| 50 | 2,03 | 35'07 | 4.29 | 35'05 | 2.26 | 0'02 | |
| 100 | 1,01 | 35.02 | 3.63 | 35.07 | 1,21 | 0'02 | |
| 200 | 1.63 | 35.07 | 2.89 | 35.10 | 1.56 | - 0.03 | |
| 250 | 1,49 | 35.07 | 1.86 | 35.02 | 0'37 | 0.03 | |
| 280 | 1.44 | 35.07 | 0.62 | 35.03 | - 0'49 | 0.04 | |

This is exactly what might be expected; there is practically no difference in salinity. At some dephts (100 and 200 metres) it is rather in the opposite direction. The difference in temperature is much less near the surface than at the former Stations; but the heat wave has been able to go much deeper, owing to the uniformity of salinity which has much facilitated the intermixture of the upper water-strata. The difference in temperature is therefore the same at 40 metres as near the surface; at 50 metres it is 2.56° C. whilst is was only 0.8° C, at the former Stations. In the deeper strata the difference is also considerably higher. Near the bottom some different water has evidently come in, and made the temperature lower.

Formation of the Cold, Heavy Bottom-water.

From what is said above, it may be concluded that bottom-water is formed in many parts of the Barents Sea by surface cooling during the winter; but the temperature as well as the salinity of the bottom-water will greatly depend on the local conditions, and may even vary on the same bank, if somewhat extensive. The necessary conditions for the formation of very cold bottom-water are, that the waters at all depths are fairly stationary, and free from any rapid horizontal circulation, so that the vertical circulation caused by cooling at the surface during winter, may gradually reach the bottom, and give to all water-strata a nearly uniform salinity, temperature, and density. After this has been attained, continued cooling will reduce the temperature of the whole

bulk of water, and the formation of ice on the surface will gradually increase the salinity, especially whereever the sea be shallow. increase of salinity by ice-formation must obviously be the explanation of the remarkable fact, that the heaviest bottom-water, e.g. on the coast banks of Novaya Zemlya, has very often a higher salinity than was ever found in the comparatively warm Atlantic water of the eastern Barents Sea. If for instance, it be supposed that by the vertical circulation of the water during the winter, the salinity has become almost uniform, about 34.70 % (cf. Russian Stat. 10, Aug. 6, 1904, in Table below) from the surface to the bottom, in a region where the sea during the winter and spring be covered by a layer of new ice, with a mean thickness of 2 metres 1, the salinity of the underlying 198 metres of water will be increased by about 0.33 0/00, and instead of 34.70 0/00 the mean salinity will become about 35.03 %. If the sea be shallower, the formation of 2 metres of ice during the winter would increase the salinity by still more. If the sea be only 100 metres deep it would in this way be possible to start with a water of mean salinity 34.4 %, and still get water with a salinity above 35 % after 2 metres of ice had been formed. The effect of ice-formation may naturally be somewhat reduced locally by horizontal circulation in the sea, carrying a new supply of water in under the ice; but still the effect upon the whole mass of the water will be the same, and whereever ice is formed, it may consequently be expected that the salinity will be higher in the winter than in the summer, as is also actually borne out by the observations.

The cold, heavy water thus formed, will sink and spread out on the banks, and if it be heavier (either on account of lower temperature or higher salinity) than the bottom water on the same level or at lower levels in the neighbourhood, it will gradually creep along the bottom in under such waters. This is probably the explanation of the very frequent and sudden occurrence at a great many stations, of a thin bottom-layer of higher salinity and density, and a temperature generally lower, but sometimes higher, than the overlying water.

¹ The formation of ice on the surface during winter, is much helped by ice-pressures, which breaks the ice, and piles the floes up into high hummocks. When the pressures ceases again, open lanes and channels are formed which are rapidly covered by new ice, again to be broken and piled up. Thus ice-pressure greatly increases the formation of ice as welll as the cooling of the sea. If the ice were not continually being broken, but formed a continuous and permanent sheet, it would increase extremely slowly after having attained a certain thickness, and after being covered with much snow, and the underlying water would be protected against cooling.

As this heaviest water close to the bottom, has sometimes salinities higher than were ever observed in the vicinity in higher strata, it might seem somewhat difficult to believe that the salinity at some place in the same region, could have been, during the winter, so high in all strata between the surface and the bottom, at least for any length of time. If it be supposed however, that the vertical circulation during winter, had etablished a nearly uniform density between surface and bottom; further that the temperature had been lowered towards freezing-point, and that the salinity had been increased by formation of ice; and if then, on extremely cold days, great open lanes had been suddenly formed in the thick ice, and thus a great open water-surface suddenly exposed to very rapid cooling, there would have been a very intense formation of ice. The upper water-stratum might in this way be cooled down and its salinity increased more rapidly than it could be replaced by vertical circulation. The very heavy water thus formed might then sink through the underlying water and might perhaps in some cases, especially where the sea is shallow, reach the bottom before it was too much intermixed with intermediate strata. If such a lane be covered with new ice, and reopened several times, as is very frequently the case¹, the effect of the local cooling and rapid formation of ice might be still more increased, and a column of very cold and saline water might actually be formed for a while between the surface and the bottom. But as soon as the sea-surface is again covered by thicker ice, the very heavy water, will sink below the upper strata, and regular, more uniform conditions will be reestablished, while the heavy layer will remain on the bottom².

¹ The ice-pressure is generally repeated very regularly with the tidal currents, along such channels and lanes in the ice, where a line of weakness has been formed. In the intervals between the pressures the channels are videly opened. This happens especially at the time of spring-tide.

Professor Edlund's theory (cf. Övers. Kongl. Vet. Akad. Handlingar, Stockholm, 1863) that, under certain conditions, ice might be formed near the bottom of the sea, if correct, offers another possible explanation of the above fact. Edlund's idea was that the sea-water might be cooled below freezing-point, even though in slight motion, and such super-cooled water might therefore sink towards the bottom without freezing, until suddenly, by some accident, the freezing process be started, and quantities of ice formed which would suddenly rise to the surface. Edlund based his theory upon observations made by E. A. Nordenskiold, who with a maximum and minimum thermometer actually found temperatures below freezing-point in the sea near Gotland; but with the imperfect instruments of those days too low temperatures were frequently observed in the sea. During Nordenskiold's Vega-Expedition temperature-readings as low as -2'3 and -2'4° C. were repeatedly taken from the deep water of the Kara Sea, in August 1878, when there was no possibility of super-cooling. And at Vega's winter-harbour near Bering Straits, temperature-readings as low as -2'8° and even -3'0° C. were taken in water from 2, 4 and 6 metres below the ice-covered surface (cf. O.

In the days from April 29 to 30, from May 3 to 9, and from May 23 to 28, 1901, Amundsen sailed through water which was cooled down to its freezing point $(-1.9^{\circ} \text{ C.})$. The water-samples, taken with the glass water-bottle of his own construction, from 5 and 10 metres below the surface, give frequently during those days remarkably high salinities, sometimes even above 36.00. The reason is obviously that ice has, frozen out on the walls of the glass collecting bottle before the samples had been bottled for storage (see above pp. 7–8). On some occasions however, the salinities have been lowered by small ice-needles floating in the water, getting into the water-sample. The observations taken in these days are therefore not trustworthy. On the whole, however, the

Pettersson, Vega Exp. Vetensk. lakttagelser, vol. II. pp. 373-374). Observations like these are obviously erronous; for it is at any rate certain, that sea-water cannot be thus super-cooled, where ice is present on the surface. In spite of hundreds of observations made during the polar winter, the present writer has on no occasion observed temperatures below the freezing-point of sea-water, where ice occurred on the seasurface. Attention may, however, be drawn to some observations of Amundsen. When he sailed across an extensive open lane in the ice on May 4-5, 1901, he remarks in the journal (see Table I) that he would not record the temperature-readings as they were absurd, the thermometer indicating below -2° C. or even $-2^{\circ}4^{\circ}$ C. and he therefore thought that there was something wrong with the thermometer (No. 638) which, however, always gave quite correct readings, even only a few hours before and after these observations (see Table I). It seems difficult to understand what might have been the matter with this evidently very trustworthy instrument, and the posibility does not seem to be excluded that there has actually been super-cooled water in this open lane far from any ice, although it seems hard to understand how such very cold water could be stirred and taken on board in a bucket, without being instantly transformed into ice, but the salinities of the water-samples taken, do not indicate that this has been the case. It is also a remarktable fact that on May 4 and April 29, Amundsen repeatedly got readings of - 2.0 C.; and his readings have without doubt usually a high

Edlund also mentions that Nordenskiold on some occasions has observed ice on the bottom of the sea. The present writer has frequently seen the same thing near shore. The explanation was, however, that at these places the ice had been frozen solid to the bottom during the winter, afterwards during the summer it had been partly broken away by pressure and partly melted near the surface, while it still remained between the stones on the bottom.

It has to be remembered that when the water is exposed to higher pressure by sinking, its temperature is slightly raised, while its freezing point is lowered, and it does not, therefore, seem very probable that under regular circumstances ice may be formed below the surface in this manner.

In another way, however, ice may be formed at some distance below the seasurface. During pressure the ice-floes are broken and piled up in hummocks, which may often reach down to depths of 40, 50, or perhaps even 60 metres or more. The ice thus pressed down during the coldest part of the winter, may have temperatures of between --20'0° and -30'0° C. (cf. The Norwegian North Polar Exp. 1893-1896, Scientific Results, vol. VI, No. 17, pp. 544-557), and before this ice is heated by the water to its freezing point, much new ice may naturally be formed, as the writer has also verified by direct observations; the salinity of the water is of course increased as a result.

surface salinity was remarkably high (about 34.7 and 34.8 %), in these regions where the sea-water was cooled towards its freezing-point, and where much new ice was being formed while Amundsen was there. The surface-salinity is during the summer and autumn very low in these same regions (see the isohalines Pl. I), and sinks even below 34 %. It shows clearly how ice-formation is able appreciably to increase surface-salinity.

When the cooling of the surface ceases in the spring, the coldest and heaviest water will gradually sink towards the bottom, and lighter and warmer water which is heated from above, will replace it near the surface. The salinity of the top-layers will be reduced by the melting of the ice, and also by an increased quantity of fresh-water from the rivers and from the land. The salinity of the water near the bottom will be gradually lowered by intermixture with the overlying water; and it may therefore be expected that higher salinities, for the cold bottomwater on the shallow banks, will be found early in the spring and lower ones later on (cf. Wollebæk's Station on May 31, 1900). During the course of the late summer and autumn, the cold bottom-water may gradually be washed almost entirely away on the shallow banks, by intermixture with the overlying warmer layers; but it will remain for a long time as a thin layer in the deepest hollows, and will there never entirely disappear; especially along the Novaya Zemlya coast¹. In the deep central hollow of the eastern Barents Sea it will probably always form a bottom-layer of greater thickness (see above Figs. 2, 3).

The cold winter water of the southern shallow part of the Barents Sea.

Amundsen's Stations I to 10 are taken on the southern extensive coast bank or plateau, with depths less than 100 metres (see Fig. I, p. 24), and on its northern slope. They are from an earlier part of the season (April and May) than are most other observations known from this region, and the vertical series shows very distinct traces of the vertical circulation during the previous winter and spring, which has produced almost homogeneous cold water between surface and bottom at the most typical Station, Stat. 6. Here the density (σ_t) of the water

¹ In the writer's memoir on the N. Pol. Basin, where a similar explanation is given (cf. op. cit. p. 281) it is suggested that similar bottom-water may also find its way into the Kara Sea from the North, and thence through the Kara Strait into the submarine channel along the southwestern coast of Novaya Zemlya. This seems now, to be very doubtful. On the whole it seems that this cold bottom-water is much more local and forms much less of cold bottom-currents than then seemed ratherly likely, and also less than Knipowitsch seems to think.

was 27.70 and the salinity 34.39 %. As the sea-water over this extensive, submerged coastal platform is much diluted by water from the great rivers (of the White Sea, the Pechora, etc.), and as the shallowness of the sea prevents an active horizontal circulation bringing in fresh supplies of Atlantic water from the north, it must be expected that comparatively low salinities with considerable local variations will be found. This is in accordance with Amundsen's actual observations. It is seen that both his numerous surface observations (cf. Pl. I) and his vertical series of observations show striking differences in temperature and salinity, often in regions which are not far apart; their horizontal and vertical distribution is also greatly influenced by the local conditions. For example take the three most southern Stations, Stats. 6, 7, and 8 (see Table II), covering a period of 7 days (May 9-16, 1901), and very near each other on the extensive flat bank west of Kolguyev. At the most western Station, Stat. 6, with the shallowest water, the vertical circulation has been most complete, the temperature of the bottom-layers being near freezing-point, and the salinity comparatively low. At the most eastern Station, Stat. 7, there was higher temperatures and higher salinity near the bottom, showing the influence of the deeper channel or depression coming from the north and producing more horizontal circulation in the deep waters. But near the surface the temperature is higher and salinity lower showing the influence of the nearer vicinity to land. Stat. 8 shows an intermediate position between the two, both locally and with respect to temperature and salinity, but having been taken several days later, it has got higher temperatures near the surface.

A Station taken by Mr. Alf Wollebæk further west on the same platform, on May 25, 1900, is also very interesting.

| Wollebæk I. | 69° o' N. Lat. | Depth in Metres | o | 10 | 20 | 40 | 6 5 |
|-------------|-----------------|-----------------|-------|-------|--------|-----------------|------------|
| May 25 | 41° o' E. Long. | Temp. ° C | -1.62 | -1.62 | - 1·65 | — 1 ·6 5 | —ı.65 |
| 1900 | | Salin. % | 34.06 | 34.06 | | 34.06 | 34.10 |

This station is just north of the outlet from the White Sea, and consequently a still lower salinity than at Amundsen's Stat. 6 may be expected. It is a very common feature that near the bottom, the salinity is higher than in overlying perfectly uniform strata.

¹ The salinities are here computed according to Knudsens Tables. They were determined by Dr. Heidenreich by Titration, and by the aid of a standard water, the salinity of which had not been accurately determined, when the memoir on the Oceanography of the North Polar Basin (cf. loc. cit. p. 261) was written. Heidenreich's original

The sections (Pl. IV, Sections I—III) constructed for some of Amundsen's Stations in this region, are rather instructive. Sect. III shows how cold water, with uniform low temperature and salinity, occurs on the coast bank (Stat. 6), whilst near to, or on the northern slope (Stats. 5 and 3) of the bank, there were, more than a week earlier, much higher temperatures and salinities, with a warm intermediate layer in which the salinity approaches that of the Atlantic water of the Barents Sea. This shows the effect of the more rapid horizontal movement of the water along the slope. Section II, shows the difference between Stat. 5, which is in a channel near the slope, communicating with the warm current along the latter, and the two Stations 2 and 4 on the banks on both sides. But at none of these Stations has there been such perfect vertical circulation, as at Stat. 6. Stat. 4 has been too near the channel at Stat. 5, and has an intermediate warmer layer (maximum of - 0.21° C.) and a comparatively high salinity (about 34.83 %), and Stat. 2 was near the slope of the submarine valley, coming from the north, west of Long. 40° E. (see Fig. 1, p. 24).

Section I is interesting as it demonstrates a remarkable change in the water-masses, which has obviously occurred between April 26, when Stat. 2 was taken, and May 20 and 22 (Stats. 9 and 10). Where Amundsen's route, between May 22 and 23, crosses his route between April 26 and 28 (see Pl. I), it is seen that the surface-temperatures and salinities have become noticeably lower (about -1.5° C. and 34.51 %) in May than they were in this region in the end of April (about 0.4° C. and 34.87 %). It is obvious that in April there was much water from the Atlantic current, which runs eastwards along the slope of the deep depression (see the isobaths for 200 and 300 metres in Fig. 1, p. 24, and the temperatures and salinities along Amundsen's route between April 24 and 25, Pl. I); whilst in May there had been a displacement of the whole mass of water towards the west, very cold water with lower salinity (between 34.56 and 34.68 %) having come from the east (or south?) and filled the sea between surface and bottom, as is seen at Stats. 9 and 10. The whole bulk of warmer

determinations are not now available and it is impossible to compute values accurately, but judging from his values given for Wollebæks Stat. II (see below) the values then published (op. cit.) should be reduced by o'll o'oo.

¹ The exact form and direction of this channel is somewhat difficult to trace, as the soundings of the different expeditions are somewhat contradictory, which may be due to inaccuracies in the latitudes or longitudes. That the channel actually communicates with the great deep depression to the northwest is proved by the warm bottom-water at Stat. 5, and also by several Russian observations in this locality in later years.

Atlantic water had then probably been displaced towards the west. There was, however, found no sign of this water on the surface towards the northwest along the route between May 25 and 27 (see Pl. I and Table I); but there is of course a possibility that there may have been warmer water under the cold surface layer. By studying the chart Pl. I, it is seen that along Amundsen's route between May 20 (Stat. 9) and May 22 (Stat. 10) there was the same kind of surface-water as was formerly (about May 6) found further east1. The water at the two Stations 9 and 10 is also very much the same at all depths, but entirely different from that of Stat. 2. It is seen that whilst the densities are fairly similar in the deeper strata (cf. the isopycnals of 27.00 and 28.00), the densities of the strata near the surface have become much lower (below 27.80), in spite of the low temperatures in May (Stats. 9 and 10), than they were at the end of April (Sat. 2), when they were nearly 27.90. It is easy to understand that such lighter surface layers may move west and northwestwards away from the coasts.

The surface observations in this shallow sea, at this early season, tell much about the underlying strata. It may as a rule be assumed that the temperature and salinity have vertically been fairly uniform. In the most southern region (Pl. I and Table I), visited by Amundsen, the surface salinities approached 34°0 % with temperatures about —1°2 and —1°5° C., whilst along the most eastern part of his route, the salinities were comparatively high (34°50—34°79 %) and the temperatures about the freezing-point of sea-water (—1°9° C.). During this time (April 29—30, and May 3—7) the temperature of the air was low (about —7° and —9° C.) and much ice was formed on the sea-surface, which evidently much increased the salinity².

Later in the season the conditions are, however, entirely changed in this part of the sea. The water is heated to considerably higher temperatures, especially near the surface, and being diluted with much river-water and by the melting of ice, its salinities are much decreased (see above pp. 14—15).

¹ It may be possible that an increase of the waters of the river Pechora, flowing into the sea to the south-east, may displace the whole bulk of water some distance towards the north-west, or west; but it seems more probable that winds might be able to produce such a displacement; there had not, however, been much easterly or south-easterly winds during May.

² It has been pointed out above, that water-samples taken during periods with such low temperatures, when the sea-water is cooled to freezing-point, give not very reliable salinities, especially those taken with Amundsen's small water-bottle (se above pp. 7 and 33).

Knipowitsch has a section from August 13-19, 19011, which passes south of Amundsen's Stations 6, 7 and 8, but the difference between these and Stations 580 and 581, of the former, is very striking. All traces of the cold water are washed away in August; there was at no depth any temperature below zero, and in the upper strata, above 25 metres, the temperature was above 4°, and even 6° C., whilst the salinities had sunk below 34 %, and near the surface even below 33 %. Knipowitsch's Stat. 579 (68° 52' W. Lat., 44° 28' E. Long.) is near Amundsen's place on May 11, where he observed -1.2° C. and $34.28^{\circ}/\infty$ and -1.4° , 34.05 % on the surface, and there were probably very nearly the same temperature and salinity in all strata to the bottom, whilst Knipowitsch in August the same year found, the temperature above 6° C. and salinity below 32.0 % in the upper 20 metres, whilst, towards the bottom in about 60 metres, the temperature gradually decreased without reaching zero and the salinity increased without reaching 34.0 %. All traces of the cold winter-water had consequently been effaced by August.

Knipowitsch's Station 537^a has obviously been very nearly at the same spot as Amundsen's Stat. 3, although according to the Latitudes and Longitudes as published it should have been nearer his Stat. 10.

Knipowitsch's Stat. 536 has about the Latitudes and Longitudes of Stat. 3, but was obviously on the platform further east.

A comparison between the temperatures and salinities in the table below, give a good idea of the changes which heave occurred in the three months between April 28 and July 22, 1901.

| Depth in Metres. | | . 3 | Stat. July 2: | witsch. 537 2, 1901 18' N. 12' E. | Difference. | | |
|------------------------|----------------|-------------|---------------|-----------------------------------|-------------|------|--|
| | ° C. | 0 00 | ° C. | % | ° C. | °/。 | |
| О | -0.3 | 34.74 | 5.3 | 34.63 | 5.4 | 0,11 | |
| 25 | -0.53 | .75 | 5.0 | ·61 | 5'23 | 14 | |
| 35 | 0.12 | .81 | 3.62 | ·65 | 3.20 | .19 | |
| 50 | 0'40 | . 86 | 2.8 | ·69 | 2.4 | .17 | |
| 75 | 0'46 | .89 | 1.8 | .74 | 1.34 | 15 | |
| 100 | 0'48 | .89 | 1.3 | .76 | 0.73 | .13 | |
| 150 | 0.56 | .9 0 | 1.1 | .77 | o'84 | .13 | |
| 200 | -o.12 | .92 | 1.0 | .81 | 1.12 | .11 | |
| 215 | -0. 9 0 | .6 0 | 1 | | | | |
| 230 | i | | 0.5 | .81 | | | |

The upper 25 metres of water have become more than 5° C. warmer; in all depths there is a rise of temperature, and a fairly uniform decrease of salinity.

¹ Loc. cit., Pl. 6, Fig. 9.

² Loc. cit., Pl. 6, Fig. 4, and p. 22.

On a previous occasion¹ it was pointed out how the water-masses may be changed entirely in a very short time in this shallow sea, and how rapidly the very cold bottom-water may disappear under certain circumstances. At the "Fram's" Station 5 (op. cit.) in the Pechora Bay, on July 27 1893, there was a more than 53 metres thick bottom-layer of winter water with temperature below -1.5° C. and salinity about 34.5° %. But three weeks later Knipowitsch found no trace of it, 16 miles to the southeast.

The cold and heavy Bottom-Water on the Coastal Shelf of Novaya Zemlya.

Nearly all sections across the Barents Sea, which reach the west coast of Novaya Zemlya, show very peculiar conditions over the shelf, outside this coast at depths between 120 and 150 metres. Over the floor of this shelf and in its depressions near the coast, there is generally, even in the autumn, a bottom-layer of water which has very low temperatures and unusually high salinities, frequently above 35.0 %. This bottom-water, which is much heavier than the water on the slope outside the shelf (see Figs. 2 and 3, pp. 26, 27), forms a layer which is thicker and with higher salinities early in the summer and spring than later in the season. It is obvious that this water, which is formed by cooling at the surface during the winter, owes its high salinity to the formation of ice on the surface, as is mentioned above (p. 31).

Amundsen's surface observations in the most eastern part of his route, over the coastal shelf (see Pl. I), show very clearly how the formation of ice appreciably increases the salinity of the sea surface and consequently also that of the underlying strata.

On May 31, 1900, Mr. Alf Wollebæk⁸ took, from on board the "Heimdal" of the Norwegian Navy, a vertical series of observations on the coastal shelf of Novaya Zemlya. Taken so early in the season as they were, these observations demonstrate better than any others hitherto, the formations of heavy bottom-water, and they will therefore be especially mentioned here. The water-samples were stored in soda-water-

¹ Oceanogr. of N. P. Basin, p. 262.

² This was obviously not a local occurrence, for at Stat. 6 on the following day, nearly 60 miles further to the east-south-east in the Pechora Bay, there were found similar low temperatures between 5 metres and the bottom at 22 metres.

³ Mr. Alf Wollebæk was sent out by Dr. Johan Hjort, leader of the Norwegian Fishery- and Marine-Innestigations, to take oceanographic observations during the cruise of the "Heimdal" in the Arctic Sea, in May 1900.

bottles with patent india-rubber stoppers, and the possibility of evaporation was thus excluded. The specific gravity was carefully determined by my assistant Mr. Jakob Schetelig with a hydrometer of total immersion (made by C. Richter in Berlin, of Jena Glass No. 59 III, and tested at the Reichs Anstalt, Charlottenberg). chlorine of the same samples were determined by Mr. Leivestad, who used for control Standard Water No. I, determined by Mr. Schetelig, by numerous observations with the Hydrometer of Total Immersion (see alove p. 9). Some smaller samples were taken for titration in ordinary small bottles with cork-stoppers, and were determined by Dr. Heidenreich who used for control a Standard Water from Mr. Martin Knudsen in Copenhagen. His values on the whole agreed very well with those obtained by Schetelig and Leivestad but were not equally accurate. The values of specific gravity, salinity, and density have been computed by means of Knudsen's Tables 1.

| | Depth in | Tempe- | | stad by ation. | - | by Hydr. al Imm. | l Li | σ_t |
|------------------|-------------|----------|----------|-------------------|------------------|---------------------|---------------------|------------|
| | Metres. | ° C. | Cl. °/,, | S. % | σ_o | S. % | S. °/ _{co} | L |
| Wollebæk | 0 | , —I.55 | | 34'83 2 | | | İ | 28.04 |
| Stat. II | 10 | _ 1.3o | 19.29 | ·8 ₅ | 27.995 | 34.84 | +0.01 | .02 |
| May 31, 1900 | 20 | -1.20 | .295 | .86 | 28.03 | -88 | 03 | .09 |
| 71° 48' N. Lat. | 30 | — ī.2 | | ·88 ² | | | | .09 |
| 49° 38' E. Long. | 50 | -1.23 | .30 | ·8 ₇ | .03 | -88 | ot | .09 |
| | 70 | -1.62 | .302 | ·88 | .03 | .88 | .00 | .10 |
| | 100 | — 1.65 ° | 30 | .87 | .03 | ·88 | - ·oɪ | .10 |
| | 120 | -1.8o | ·455 | 35.12 | · ₂₅₅ | 35.162 | - '015 | .33 |
| | 128 | bottom | | | I | | 1 | |

It is a noteworthy fact that salinities as high as that of the sample from 120 metres, 8 metres above the bottom, have been observed nowhere else in the eastern Barents Sea. As before mentioned it is evidently due to the formation of ice at the surface in the same region during the previous spring or winter. It is very natural that water of

¹ The values are here only 0'11°/₀₀ lower than the values given in the Memoir on the Oceanography of N. Polar Basin, p. 273, although they ought to have been 0'16°/₀₀ lower (cf. op. cit., Preface p. V). The reason is that by means of Knudsen's Tables the observations can now be more accurately computed than was then possible. It is also seen that the values now obtained for the sample from 120 metres by titration and Hydrometer of Total Immersion agree fairly well.

² Determined by Dr. Heidenreich.

this kind should be found just at this station where the observations were taken so early in the season. By intermixture with the overlying strata the salinity of this kind of bottom-water will be gradually lowered later in the summer.

This series of Wollebæk proves very clearly how the vertical circulation during the winter has been able to produce a perfectly uniform salinity between 20 and 100 metres. Near the surface, at 0 and 10 metres the salinity had been sligthly lowered by the end of May, and the temperature of the upper strata had commenced to rise.

Later in the season these conditions are much altered, especially in the upper strata, as is seen by a comparison in the Table, p. 42, between Wollebæk's observations for May 1900, and Knipowitsch's observations in the same region for July and September of the same year and also with later Russian observations in August, 1903 and 1904.

At Knipowitsch's Stations 249 and 345, in the region north and northwest of Wollebæks Station II, there were in July and September hardly any traces left of the very cold and heavy water which Wollebæk had found a short distance to the south a month and a half before. There was only a very thin bottom-layer at Knipowitsch's Stations with temperatures about -0.60 C. and -0.5° C. The two salinities at Stat. 345 are very low (if they are trustworthy). These two Stations, especially No. 249, are near the edge of the coastal shelf, and are therefore near a region with more effective horizontal circulation. Stat. 10, Aug. 6, 1004, is also in this region, but on the slope in deeper water (205 metres and still farther towards the northwest. Here there is no trace of bottom water with temperatures below zero (10 metres above the bottom 0.5° C. and 34.79° 0/00 was found) and although the Station is on the slope towards the deeper central depression of the sea, the salinity, which is rather uniform, is considerably lower than at Wollebæk's Station.

In the region to the south of the latter the conditions are very different, here, both at Knipowitsch's two Stations 247 and 248, in July, 1900, and at Breitfuss's Station 8 in Aug., 1903, and also at his Stats. 8 and 9 in Aug., 1904, well developed bottom-layers with low temperatures were found, but the layer is very much thicker at the three former Stations, than at those of 1904. For comparsion may be included here the

¹ Cf. Knipowitsch, Expedition für Wissenschaftlich-Praktische Untersuchungen an der Murman Küste, vol. I, St. Petersburg, 1902, pp. 446, 482 (Russian with German Summary).

| Stat. 10 Aug. 6, 1904 72° 18 N. 47° 43 E. Depth 205 m. | 6.7 | 6.7 34.67 | 5.7 | | | a.55 34.70 | a°05 34°70 | 1.5 34.72 | | | | | 69.0 |
|---|----------------------------------|----------------|----------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|---------------|----------------|-------|-------|------|
| Stat. 9 Mug. 5, 1904 71° 43' N. 50° 25' E. Depth 135 m. | | 6.55 | 5.95 33.87 | | | 0.9 34.52 | o·69 34`54 | -1'15 34'67 | | | 34.67 | | |
| Stat. 8 Aug. 3, 1904 71° 13' N. 51° 0' E. Depth 145 m. | 7.45 | 6.7 27.81 | 4.43 33.96 | | | 0.45 34.58 | -0.45 34.67 | -1.45 34.78 | | | | 35.01 | |
| Stat. 7 Nug. 3, 190. 71. 5, N. 49. 34, E. Depth 123 m. | 3 | 8°0 33°24 | 5.8a 33.96 | | | 1'99 34'63 | 1.26 34.69 | | | 1'10 34'76 | | | |
| Stat. 8 Aug. 6, 1903/71° 12' N. 49° 45' E. Depth 127 m. | (1) | 1.3 31.46 | 1.28 34.27 | | -1.08 34.43 | 1'43 34'74 | 34.74 | 34.81 | | -1'73 34'83 | | | |
| Stat. 248 July 1900 71 10' N. 51° 0' E. Depth 110 m. | ന | e. | | 1.1 | | 6 .1 | | -1.5 | | | | | |
| Stat. 247 July 1900 71 8 8' N. 50 35' E. Depth 123 m. | 9.1 | 9.1 | | 1.3 | | e .1- | | -1.3 | | 9.1- | | | |
| Stat. 345 Sept. 1900 72° 3' N. 49° 55' E. Depth 120 m. | 3.5 | 3.0 | | 1.0 34 ^{.18} | | 0.2 | | o.3 34 [.] 56 | -0.5 34.67 | | | | |
| Stat. 249 July 1900 72 o.' N. 48 ° 10' E. Depth 114 m. | | 0 | | 8.1 | | 0.0 | | 9.0- | | | | | |
| 11'ollrbark May 31, 1900 71 48' N. 49° 38' E. 10epth 128 m. | -1'22°C 34'83°/ ₀₀ | -1'30 34'84 | -1.50 34.88 | | -1.52 34.88 | —1'52 34'38 | -1.65 34.88 | -1.65 34.88 | | -1.80 35.17 | | | |
| Depth in Metres | 0 | 10 | 60 | 25 | 30 | 20 | 75 | 001 | 115 | 120 | 125 | 135 | 150 |

observations from the "Fram's" Stat. 3, on July 24, 1893, in the same region.

| July 24, 93 71° 17' N. 48° 22' E: | Depth i Metres | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 130 |
|---|------------------------|---|----|--------|----|----|-----|----------------|--------|
| | Temp. ° C. Salin. °/00 | | l | - 1°32 | 1 | 1 | | 38.88 - 1.6 | Bottom |

The conditions were then more like those of July 1900, and Aug. 1903 than of August 1904, but the thick layer of bottom-water was colder than at any other time. The summer of 1904 has obviously been an exceptional year, in this region, with unusually high temperatures and low salinities especially in the upper strata.

All these stations are situated on the shallow platform southwest of Gooseland, and some of them (Stats. 247, 248, 8, and 9) are near the nortwestern end of the submarine channel along the southern coast of Novaya Zemlya. It is evident that in this region the horizontal circulation along the bottom is very slow.

Breitfuss's Station 7 (Aug. 3, 1904) forms a most interesting exception from the others; there is no trace of the cold bottom-water, the temperature near bottom being 1'10° C. The explanation is probably that this Station is near the edge of the submarine valley extending eastwards into this region from the great central depression (see Fig. 1, p. 24). Along this valley there is evidently a more rapid horizontal circulation of warmer water from the Atlantic Current.

A striking fact borne out by a comparison between the above Stations is that the salinities at almost all depths, both north and south of Wollebæk's Station, are very much lower on August, 1903 and 1904, and also in September 1900, than they were on May 31, 1900. The difference is especially great near the surface, but it is considerable even in deep strata.

The observations made at the above Stations prove clearly that the cold bottom-water at the southern Stations cannot have been carried thither by a cold bottom-current along the coast, from the north, as some writers have been prone to believe. If such were the case it should be possible to find this water preeminently at the northern Stations. The unevenness of the bottom to the north would a priori make the existence of such a regular bottom-current in the shallow sea along the coast highly improbable. Local differences in the salinities of the bottom-water, also prove that this water does not form any regular bottom-current. And the vertical distribution of temperature and salinity

at Wollebæk's Station demonstrates better than anything else, that it is not a regular bottom-current, but more or less local phenomena that here have to be dealt with.

The same kind of cold, heavy bottom-water is found almost every where on the coastal shelf along the west and northwest coast of Novaya Zernlya, wherever a sounding has been taken. The many soundings taken by Dr. Breitfuss in August 19021, along the coast between 73° N. Lat. and 76° 29′ N. Lat. (see Table above p. 22) are good examples. Everywhere below a depth of 25 metres cold bottom-water was found; a layer generally more than 100 metres thick, forming, as it were, a bank of heavy water over the shelf, with densities above 28:00 at depths greater than 50 metres (cf. Sections Figs. 2 and 3, pp. 26, 27). The great resistance offered to the horizontal movements of the water over the uneven bottom of the shelf, and the small depths, evidently protect this cold winter water from being entirely washed away in the summer, although, as was seen above, its salinity is gradually much reduced, and its temperature raised by intermixture with overlying waters, The following series of observations by Admiral Makaroff, in August 1901, is also interesting:

| | | | : | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|--------|-------|--------|--------------------|-------|--------|
| Stat. 57, Aug. 5, | Depth in m. | ı | 10 | 25 | 50 | 100 | 150 |
| 1901 | Temp. ° C. | — 1.8 | -1.8 | -1.8 | —ı.8 | -1.8 | —ı.8 |
| 75° 1' N. Lat. | Salin. ⁰ / ₀₀ | 33.226 | 33.26 | 34.458 | 34 [.] 94 | 34'97 | 35'044 |
| 54° 55' E. Long. | Salin. 0/00 | 33'53 | 33.23 | 34.45 | 34.95 | 34'99 | 35*04 |

The water samples were taken in, green soda-water bottles with patent india-rubber stoppers (see about these samples below, p. 50). The upper series of salinities were determined by Mr. Jakob Schetelig with Hydrometer of Total Immerssion and the lower series by Mr. Leivestad by Titration.

The cold Bottom-Water of the Central Depression of the Eastern Barents Sea.

A very prominent feature in all sections across the central depression (depths greater than 300 metres) of the eastern Barents Sea (see Fig. 1, p. 24) is the cold bottom-water with high salinity, rising, as it were, as a mountain of heavy water along the centre of this depression

¹ Bull. d. Result. Courses Period., Aug. 1902, pp. 33-34.

(see the two sections reproduced on pp. 26-27, Figs. 2 and 3, see also Knipowitsch's section from July 1901¹) and Breitfuss's section from Aug. 1903². As was above pointed out, this cold bottom-water is, as a rule, separated from that on the coastal shelf of Novaya Zemlya by warmer water along the eastern slope of the depression (se all the sections mentioned above and the maps Pls. II, III³.) The isopycnals drawn for 27'90, 28'00 and 28'10, in Section Fig. 3 (p. 27), have very steep inclinations on the eastern slope of the depression. showing that the water there must be in rapid movement northwards along the slope. Om the western slope the water is probably in movement southwards, but the movement is not so rapid. Knipowitsch's section from July 1901, and Breitfuss's section from August 1903, give very similar pictures, if the isopycnals be drawn.

In a short section from May, 1904, across the slope on the southern side of the depression (Fig. 4, p. 27), conditions quite similar to those on the eastern slope in the above section are to be found, but the inclination of the isopycnals for 27'90 and 28'00 is here much steeper, and indicative of a still more rapid movement of the warm waters along the slope eastwards. It is also apparent (as in other sections) that the isopycnals are again rising over the bank, inside the slope (se isopycnal for 27'90). In August, 1904, very nearly the same section was taken 4; the waters at all stations were then very much warmer, and the salinities of the upper strata lower. The isopycnals, on the other hand, slope in exactly the same manner, although not so steeply, which indicates that the horizontal movement has been probably not so rapid near the surface, as it was in May. At the deepest station in August (Stat. 24, Aug. 21, 1904) there was very little cold bottom-water, but to judge from the depth (293 metres) this station was situated higher on the

¹ Ann. Hydr. etc., 1905, Pl. 6, Fig. 5.

² Bull. Result. Courses Period., Aug. 1903, Pl. V, Sect. Arct. II. The isohaline for 34'90 %00 ought to be drawn differently in the central part of this section, more in accordance with the manner in which it is drawn in the section for Aug. 1904 (Fig. 3, p. 27). The isohaline should certainly form an elevation and not a depression near Stat. 11. The conditions have obviously been similar to those of Breitfuss's Section for Aug. 1902, reproduced here (Fig. 2, p. 26). There has been a "mountain" of cold water with high salinity in the middle and two masses of warmer water with high salinities near the bottom on both sides, especially on the eastern slope (Stat. 9).

³ Breitfuss's Section from Aug. 1902 along the southeastern part of the depression, forms an exception as was pointed out above (p. 25), but there have evidently been exceptional conditions on this occasion. There may have been a temporary displacement of water, similar to that proved by Amundsen's observations in April and May, 1901, in the region of his Stats. 9, 2, 10, and 3, see above, p. 36.

¹ Bull. Courses Period., Aug. 1904, p. 27, Stats. 24, 25, 26.

slope than Stat. 9 of May 15, 1904 (with a depth of 331 metres), and has therefore had comperatively more warm water.

In May 1 and August 2, 1903, very nearly the same section, with the same three Stations, was also taken. In August, 1903, the isopycnals slope in the same way as in August, 1904, indicating the same horizontal movement, but the waters were on the whole heavier and of lower temperature and higher salinity. The deepest Station (Stat. 26, August 28, 1903) is farther north and in deeper water than the Station 24, of Aug. 21, 1904. It is much more like Stat. 9, of May 15, 1904; but its bottom-water (between 150 metres and the bottom) is even colder and of higher salinity than at the latter station. In May 1903, the conditions were, however, very different - if the Latitudes and Longitudes of the stations be really correct. The water was then very much heavier at the two southern Stations (8 and 9, May 6, 1903) than at the deep northern Station (7, May 5, 1903) and also much heavier than the waters in the same region in May 1904. There has evidently been some displacement of the water masses in this year and perhaps an excessive cooling of the water. During the winter 1902—1903 and the spring 1903 there were on the whole exceptional conditions in these regions, as is known from other facts (e. g. the emigration of the seal (Phoca groenlandica) to the northern coasts of Norway).

In Breitfuss's section across the northern part of the depression, in Aug. 1902, Fig. 2 (p. 26), the isopycnals for 28:00 and 28:10, show on the whole an inclination towards the eastern slope but not to the same extent as in the above section further south (Fig. 3). This might indicate a less rapid movement which may be explained by the circumstance that we are here probably in a submarine valley extending eastwards (see Fig. 1, p. 24). The deep waters are here on the whole somewhat heavier over the slope than in the above section. The isohaline for 34.00 % and the isotherms for 0.0 C. show, however, a very characteristic feature, namely, two bulks of warm water with comparatively high salinities obviously moving along the slopes to both sides of the depression, and on both sides of a "mountain" of cold water, in the middle, with salinity above 34.90 %. The warm water, with temperatures above zero, on the eastern slope, has on its long way northwards along this slope (see Pls. II and III, maps for 100 and 200 metres) been diluted by intermixture with overlying less saline strata, and had the salinity of its upper part reduced below 34.90 %...

¹ Bull. Courses Period., May 1903, p. 212, Stats. 7, 8, 9.

² Ibid., Aug. 1903, p. 28, Stats. 24, 25, 26.

The inclination of the isopycnals, as well as the distribution of temperatures and salinities in the different sections indicate that, as a rule, there is a cyclonic movement of the water in the central depression of the eastern Barents Sea (cf. maps Pls. II, III). This cyclonic movement is most rapid along the southern and eastern slope, whilst the water along the axis of the cyclone is comparatively stationary. Along the western side of the depression the cyclonic movement receives fresh supply of Atlantic water, coming from the west, especially along the submarine channels, in about 72°, 73° 20', and 75° 30' N. Lat. (cf. maps Pls. II, III) and therefore the salinities are frequently rather high on that side. On the northeastern side of the cyclone comparatively warm water is given off towards the sea between Novaya Zemlya and Franz Josef Land (cf. the surface-temperature and salinities of the Capella, Pl. I, and the maps for 100 and 200 metres Pl. II, III). Along the axis of the cyclone, there will be comparatively favourable conditions for the formation of cold bottomwater by cooling at the surface during winter, as there is only little horizontal circulation. An effective vertical circulation may there be established between the surface and the bottom, with the formation of very cold water having a comparatively high salinity. But as the depth is so great, it cannot be expected that the formation of ice during the winter will increase the salinity of the sea-water by so much as it does in the shallow water over the coastal shelf of Novaya Zemlya; and unusually high salinities near the bottom, such as might be found in the latter region (cf. Wollebæk's Stat. II) are not to be expected.

In Breitfuss's section for August, 1902 (Fig. 2, p. 26), the bottom-water with temperatures below -1° rises very near the surface (about 35 metres below the surface) in the central part of the depression at his Stat. 63 (Fig. 1). Some time in the previous winter or spring there would probably have been found, somewhere in this region, nearly homogeneous water with temperatures of about -1.4° C. and salinity about or above 34.9° 0/00 between the surface and the bottom. The conditions seem to be strikingly like those found in the region of Amundsen's Stations 13-23, east of Northern Greenland as will be described in the next chapter. The form of the isotherm of -1° C. is, for instance, almost the same at Amundsen's Stat. 16 (see Section IX, Pl. X) as it is here at Breitfuss's Stat. 63.

Amundsen's surface observations seem to indicate, that even on the southwestern side of the Central Hollow of the eastern Barents Sea, there may be the necessary conditions for the formation of cold bottom-water.

Between May 26 and 31 (see Table I), in about 73° N. Lat. and between 38° and 40° E. Long., Amundsen found the sea-surface cooled to about its freezing point, whilst the surface-salinities were about 34.7 or 34.8 %.

The surface-water had consequently a density in situ of between 27.96 and 28.05, and it seems therefore that a vertical circulation reaching down to the deep cold layers might easily be possible in this region.

From the places where the cold winter water is chiefly formed, it spreads as heavy underlying water along the deepest central part of the depression, and forms its bottom-layers. Only where the water is in rapid horizontal movement along the slopes, is the level of the underlying cold heavy water lowered by the pressure produced by this moving water, which is deflected, by the Earth's rotation, against the slopes and against the heavy water on the banks. The cold underlyingwater will therefore rise highest along the central portion of the depression.

This cold heavy bottom-water will, however, probably also creep westwards along the bottom of the deepest channels communicating with the depression; and being deflected by the Earth's rotation, it will chiefly move westwards along the northern slope of these Channels (cf. maps Pl. III). There is therefore found the same kind of cold bottom-water forming a layer 140 metres thick near the bottom (between 150 and 290 metres), at Amundsen's Stat. 12, on the northern side of the central channel (in 73° 50′ N. Lat., 37° 50′ E. Long.)¹. His Stat. 11 is on the southern side of the same channel and here there is also cold bottom-water in 275 and 300 metres, but it is not possible to say how thick the layer may have been.

About 130 kilometres (70 naut. miles) further west, Knipowitsch has a section across the same channel, five or six wecks later in the same summer². Here there is the same cold water, as at Amundsen's Stat. 12, with temperatures below —1° C. and salinity below 34'90 %, forming a thin layer along the bottom on the northern slope of the channel, at Stats. 503, 504, and 505 (between 74° 15' and 74° 45' N. Lat. and along the meridian of 33° 30' E. Long., see maps Pls. III and V). It is thickest at the most northern Station, as might be expected owing to the deflecting force of the Earth's rotation. In sections further west, near the eastern end of the deep channel south of Bear Island, this cold

¹ The observations at the Russian Stat. 21, on Aug. 19, 1904, which is very near Amundsen's Stat. 12 (see Figs. 1 and 3, pp. 24, 27), seem to prove that the conditions may differ much in this region. As is seen in the Section Fig. 3, there is hardly any cold bottom-water at Stat. 21, and temperatures as well as salinities are very different from those of Amundsen's Stat. 12.

² Ann. Hydr. etc. 1905, Pl. 6, Fig. 2.

bottom-water is found no more; it gradually mingles with the overlying warmer water; and has thus no communication with the cold bottom-water of the Norwegian Sea. It is nevertheless interesting to notice how similar Amundsen's bottom-water at Stat. II (with about -1.4° C. and $34.93^{\circ}/_{00}$), is to the bottom-water he found in the Norwegian Sea east of Greenland (about -1.3° C. and $34.92^{\circ}/_{00}$). It shows how cooling at the sea-surface during the winter, may produce, by the same process, very similar results in very different regions, and in seas with very different depths.

The bottom-water of the central hollow of the eastern Barents Sea may, however, have very different temperatures in different years. In July 1899, its temperature was about —1.8 or —1.9° C. (Knipowitsch's Stations 68—70¹, in about 73° and 72° N. Lat., and 39° 12′ and 40° 38′ E. Long.).

In July (10) and September (28), 1900, the temperature in the deepest central part of the hollow was about -1.3 and -1.5° C. (Knipowitsch's Stations 254 and 365^2 .

In July and August, 1901, the bottom-temperatures seem to have been about -1.4 or -1.5° C. according to Knipowitsch's sections⁸.

In August 1902 the bottom-temperature was in all parts of the central hollow about —1.3 and —1.4° C. (see Table above, p. 22).

I May and August, 1903, it was about freezing point, -1.85 and 1.8° C. (see Table above, p. 22).

I May and August, 1904, it seems to have been about the same, —1.8 and —1.75° C. (see Table, p. 22).

The salinity seems to be very frequently about 34.94 (cf. 1903 and 1904), and to be fairly uniform for the bottom-water of the whole of the Hollow, at least in the same year. But a thin bottom-layer has often salinities above $35.00\%_{00}$.

Possibility of communication between the cold Bottom-Water of the Northeastern Barents Sea and that of the North Polar Basin.

There is much similarity between the salinity of the heaviest bottomwater of the eastern and northeastern Barents Sea, and the salinity of the bottom-water of the North Polar Basin, according to the values

¹ Knipowitsch, Exp. für wissensch.-pracktische Untersuchungen an der Murman Küste, vol. I, pp. 322-323.

² Ibid. pp. 448, 482.

³ Ann. Hydr. etc. 1905, Pl. 6, Figs. 5 and 3.
Vid.-Selsk. Skrifter. I. M.-N. Kl. 1906. No. 3.

obtained by a new revision of the observations (see below, last chapter). But the lowest temperature of the latter is nearly one degree Centigrade higher than the lowest temperature of the former 1.

A question of much interest for our later discussion, is: whether it is in any way possible, that bottom-water found in the Barents Sea, or in the region to the north-east, may flow into the North Polar Basin? According to my bathymetrical chart of the North Polar Seas² (see also Fig. 1, p. 24) there seems to be a channel, more than 300 metres deep, coming from the North Polar Basin and running southwest between Novaya Zemlya and Franz Josef Land³, but, as my bathymetrical chart of the Barents and Kara Seas⁴ shows, this channel hardly communicates with the deep central depression of the eastern Barents Sea, from which it seems to be separated by a barrier rising nearly to about 200 metres below the surface.

When Admiral Makaroff started on his expedition with the Yermak in 1901, he took a Pettersson-Nansen Water-Bottle with him (delivered by L. M. Ericsson i Stockholm), and some Nansen Deep-Sea Thermometers, from Richter in Berlin. He was also kind enough to take some green soda water-bottles, with patent india-rubber stoppers, which the writer sent him, for holding the water-samples; and he sent the bottles with samples back after his return 5. The specific

Professor Otto Pettersson says that, "this cold and salt bottom-layer (of the eastern Barents Sea) is evidently an updrift from the depths of the Polar Sea, which enters from north and north-east both into the Kara and the Barents Sea". (Geograph. Journal, London, vol. XXIV, 1904, p. 314). It is not quite clear what Prof. Pettersson means, for there is, as the expedition with the Fram proved, no bottom-water with such low temperatures in the North Polar Basin, and Pettersson cannot mean that the bottom-water should become colder on this way, under warmer water. But even if such water really existed in the depths of the North Polar Basin, it seems difficult to imagine what kind of force may exist to lift this unusually heavy water from the bottom of that deep sea up to the level of the bottom of the Barents Sea, or even to a level of 120 metres below the surface (at Wollebæk's Station), or even to only 70 metres at the Station 4 of the Fram-expedition (off Gooseland, 1893).

² Nansen, Norwegian N. Polar Exp. 1893—1896, Scientific Results, vol. IV, No. 13, Pl. 1.

³ As stated, op. cit. p. 16, it was Admiral Makaroff's valuable soundings in the sea between Novaya Zemlya and the Franz Josef Archipelago, and east of the latter, especially his tomperatures and water-samples, which pointed to the conclusion that this channel communicates with the North Polar Basin. Dr. N. Knipowitsch, who is publishing Makaroff's observations, has independently come to the same conclusion (Revne Internationale de Pèche et Pisciculture, 1903, No. 2-3, published before the writer's memoir). Makaroff's soundings now published in the sections given by Knipowitsch (Ann. Hydr. u. Marit. Meteor. 1905, Pl. 6, Figs. 6-8) make this assumption still more probable.

[.] 1 Ор. cit. Pl. II.

⁵ The bottles had for days been washed out i hot water, before they were sent, and the patent stoppers prevented all possibility of evaporation. As, however, Makaroff did not

gravity of the samples thus taken was carefully determined by Mr. Jakob Schetelig with the Hydrometer of Total Immersion. The salinity was determined by Mr. Leivestad, by Titration (Mohr). The values obtained by the two methods agree on the whole very well, as is seen in the Table below. Makaroff's values thus obtained, may consequently be assumed to be very accurate, and are in several respects important. The results of the determinations of the samples from this part of the sea are therefore here given in detail.

| | | | σ ₀ | | S º/00 | | |
|--|---|---------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------|--------|-----------------------|
| Station and Locality | Depth Tempe in rature Metres in sit | | by Hydro- meter of Tot. Imm. | by Hydrom. of Tot. Imm. | by Titra- tion | Δ | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
| Stat. 77, Aug. 15, 1901 | o | 0'4° C. | 27:313 | 33.986 | 34.03 | +0.044 | 27:29 |
| 78° 21' N. Lat. | 10 | -0.1 | .385 | .080 | .11 | + .030 | 39 |
| 61° 15' E. Long. | 25 | -1.6 | .613 | .366 | .38 | + '014 | -68 |
| - | 50 | -1.0 | .784 | .574 | ·58 | + '006 | ∙86 |
| | 100 | -1.0 " | ·838 | •646 | •66 | + '014 | .91 |
| | 150 | -1.0 | ·876 | -693 | .71 | + '017 | .92 |
| | 200 | 0.0 | .990 | .83 | ·8 ₅ | + '020 | .99 |
| | 300 | -0.1 " | 28.033 | .883 | ∙88 | 003 | 28.04 |
| Stat. 78, Aug. 15, 1901 79° 4' N. 61° 17' E | 25 | −0.2° C | 27.618 | 34.368 | 34'39 | +0.055 | 27.58 |
| Stat. 82, Aug. 16, 1901 | 10 | o·5° C. | 27.300 | 33'97 | 34.03 | +0.000 | 27.32 |
| 80° 26' N. Lat. | 25 | —ı.o " | .570 | 34.31 | ·34 | + .030 | .61 |
| 64° 14' E. Long. | 50 | -1.7 | .765 | ·55 | ·6o | + '050 | ∙86 |
| | 100 | -1.7 | ·833 | ·636 | •63 | 006 | .89 |
| | 200 | -o.a " | .933 | .763 | .76 | 003 | .975 |
| Stat. 83, Aug. 16, 1901 | 250 | 0.6 " | 28.055 | 34.015 | 34'92 | +0.008 | 28.031 |
| 79° 45' N. Lat. | 300 | 0.7 " | .062 | .924 | .93 | + .006 | .032 |
| 65° 9' E. Long. | 350 | 0.2 | .063 | .021 | .95 | + .029 | .032 |

Makaroff's Stations 77, and 83 are evidently in the channel or depression communicating with the North Polar Basin² (see Fig. 1, p. 24). Here at depths about or greater than 200 metres, there is warm water

trust these simple green bottles, he also sent some other samples, taken simultaneously, in very fine glass-bottles with glass-stoppers; but these samples gave all of them higher salinities, indicating that evaporation had taken place.

¹ Cf. N. Knipowitsch, Ann. der Hydr. u. Marit. Meteorologie, 1905 (Reprint p. 27); and Revue Internationale de Péche et de Pisciculture, 1903, No. 2-3.

² Cf. Knipowitsch, Ann. Hydr. etc., 1905, pp. 254-255.

of exactly the same kind as was found during the Fram Expedition in the North Polar Basin, and the salinities are not much below the values obtained for similar depths in the latter, by a revision of the observations (see below, last chapter) 1. The upper boundary of the water with temperatures above zero, seems to be in about 200 metres at Makaroff's Stat. 77, and at similar depths at his Stations 84 (where it is somewhat higher), 83 bis, and 83 (where it was somewhat lower)2. This corresponds remarkably well with the conditions in the North Polar Basin, where the isotherm for o° C, is in depths about 200 metres (between 165 and 240 metres)8. The sections through Makaroff's stations, published by Dr. Knipowitsch, show a remarkable feature. The warm intermediate or bottom-water, with temperatures above zero, is only found at Stations 77 and 84 (see Fig. 1, M 77, M 84, p. 24), on the northern side of the submarine valley coming from the northwest, whilst at Makaroff's Stations 7 and 85 (Fig. 1, M 7, M 85) on the southern side of this valley there is much colder water (see maps, Pl. III). At Station 7 there is a maximum, with temperature above -1° C., between 130 and 225 metres 4 (see map for 200 metres Pl. III). The explanation obviously is, that there is here a kind of cyclonic movement; warm water at depths greater than 200 metres on the northern side of the channel could not be thus limited to one side only, unless in movement southwestwards along the northern slope of the channel. The cold water of the southern slope (Pl. III) is moving in

¹ For comparison may also here be added the determinations of some samples brought home by Dr. Blessing from Fram-Stat. 24. As to the trustworthyness of these samples see below (last chapter).

| | Depth in Metres | Tempe- rature in situ | S °/00 Accurate Determina- tions with Pycnometer | S °/00 Less trust- worthy Deter- minations | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
|------------------------|--------------------|-----------------------------|--|---|-----------------------|
| Ct. t. of the F | | | | | a=16.9 |
| Stat. 24, of the Fram- | 150 | —1.32°C. | 34.45 | | 27.68 |
| Expedition Nov. 30 and | 200 | 0.11 | 34.74 | 1 | 27.91 |
| Dec. 2, 1895 | 250 | 0.22 | 34.88 | İ | 28.00 |
| 85° 28' N. Lat. | 450 | 0.73 | • . | 31.96 | 28.05 |
| 58° 45' E. Long. | 550 | 0.22 | | 34.96* | 28.06 |
| 0 10 0 | 800 | 0.12 | 34.99 | • | 28.11 |
| | 850 | -0.01 | 35.01 | | 28.14 |
| | 900 | -0.04 | | 34'97 | 28·1 i |

The salinities marked with an asterisk, for 450 and 550 metres, are taken from Dr. Blessing's observations with the hydrometer, as they are more trustworthy than those taken by Dr. Heidenreich with Pycnometer (see Oceonography of N. P. Basin, p. 213). The values of salinity are computed by Knudsen's Tables.

² Cf. Knipowitsch, loc. cit. Pl. 6, Figs. 7, 8.

³ See Oceanography of N. P. Basin, Pl. XV.

⁴ Cf. Knipowitsch, loc. cit. Pl. 6, Fig. 7.

the opposite direction, perhaps coming from the Barents Sea; and both waters are deflected against the slopes by the Earth's rotation. water with a maximum above — 1° C. at Makaroff's Station 7, is probably the same kind of water which is seen at Makaroff's Stat. 67 (Fig. 1), at about 100 metres, with a maximum about 0° C. (Pl. II). This water is obviously a branch from the warm intermediate water found at Breitfuss's Stations 60, 61, and 62, in his section to the southwest 1 (see Fig. 2, p. 26). This water is probably moving northeastwards along the righthand side of the valley, being more and more cooled on the way by intermixture with the surrounding colder water. It is seen that this warm water is lying higher, about 100 metres, than the warm intermediate water of the North Polar Basin. At Stat. 7 it has nearly disappeared (see map for 100 metres Pl. II, and for 200 metres Pl. III) and the maximum has been lowered to greater depths, as the upper part of the warm water has been more cooled by intermixture with the overlying cold waters.

It is a remarkable fact that in the northern part of Makaroff's most western section in this region, published by Knipowitsch 2, there are also traces of the intermediate warm water of the North Polar Basin, but the temperature of this water is here lowered to between -0.3 and --0.8° C. It forms a bottom-layer at the Stations 61, 62 and 66 (see Fig. 1, M 61, M 62, M 66, p. 24) which, however, in this enclosed submarine valley⁸, has no very open communication with the warmer water of the submarine valley to the east (Stats. 77 and 84), and from which it may possibly be separated by a ridge preventing the warmest water of the latter stations from flowing westwards. It is, however, noteworthy that also in this section the warmer bottom-water does only occur in the northern part of the section, and is distinctly separated from the intermediate warm water coming from the Barents Sea, in the southern part, which rests on very cold bottom-water with temperatures below -1.5° C. The latter may probably be moving along the slope northeastwards. It is very unfortunate that no samples of this cold bottom-water were brougth home, and its salinity is therefore

¹ There is probably a ridge between the depression of Breitfuss's section and that of Makaroff's Stats. 67 and 60, which prevents the warm water, below 200 metres, from flowing northeastwards.

² Loc. cit. Pl. 6, Fig. 6.

³ It may also be possible that this valley communicates with the North Polar Basin to the north through a channel southwest of Franz Josef Land, and that the warmer bottomwater has come that way, being gradually cooled by intermixture with colder water.

unknown. But it does not seem improbable that it is of the same kind as the cold bottom-water of the northeastern Barents Sea, perhaps similar to that of the northern coastal shelf of Novaya Zemlya. It may therefore be possibly that bottom-water of this kind may sink along the bottom into the deep North Polar Basin.

Another question is whether cold bottom-water may actually be formed by vertical circulation in this same region during the winter?

Makaroff's overlying cold water-stratum between o and 200 metres (Stats. 77, 78, 82) has, on the whole, a much higher salinity than it has farther north, in the North Polar Basin, and also higher than at Amundsen's Station 24 and 25 in the northwestern Barents Sea. This may be due to the fact that Makaroff's Stations are in the region which recieves water from the Atlantic Current of the Barents Sea 1. During the winter and spring the salinity of this overlying water may be still more increased by the formation of ice, and by the vertical circulation caused by radiation of heat from the surface during the long winter. As the salinities are so much higher than in the North Polar Basin, the vertical circulation may go much deeper than was found to be the case on the Fram Expedition. But still it seems hardly probable that it should be able to penetrate the thick upper layer, with low salinities, at Makaroff's Stats. 77 and 82, in an open sea where there is probably a fairly rapid horizontal circulation. The question still remains open, however, whether in the region nearer Novaya Zemlya there may not be higher salinities near the sea-surface, at least sometimes during the winter, especially if there be little horizontal circulation, and the sea be shallow, an exessive ice-formation with heavy ice-pressures may there produce bottom-water of comparatively high salinity (above 35.0 %) and temperatures about -1°C. (or -0.9°C) like that of the North Polar Basin. It was seen above that very cold bottom-water with high salinity is formed under similar conditions in the eastern and northeastern Barents Sea, although the same region of the sea was always covered with thick surface-layers of low salinity, between 33.0 and 34.5 %, whenever it has been examined in the summer.

It is a very important fact that according to the observations of Captein Støkken of the Capella, there was comparatively warm surface water with salinities of as much as 34.50 and even 34.60 %, in July, 1901, in the very region of Makaroff's Stats. 60 and 61,

¹ See Knipowitsch, Ann. Hydr. u. Marit. Meteor, 1905, Pl. 7. See also the surface observations of Capt. Støkken, of the Capella, July, 1901, Pl. I.

between 77 and 79° N. Lat. and between 49 and 54° E. Long. (see Pl. I). If water with a salinity of 34.58 % be cooled down to its freezing-point it will get a density of about 27.86.

Polar Surface Water of Northern Barents Sea.

Amundsen's Stations 24 and 25 (Table II), between King Charles Land and Northeast Land (Spitsbergen) and south of King Charles Land, are interesting because they show that this part of the Barents Sea is covered by a surface layer of cold polar water which is very similar to that of the North Polar Basin, except that the salinities at Amundsen's stations were on the whole higher. Below are the observations at one of the stations taken during the drift of the Fram across the North Polar Basin (Stat. 23) for comparison with Amundsen's station. The Fram salinities have been recalculated by means of Knudsens Tables from Blessing's determinations with the hydrometer. Also included for comparison are determinations for one of the Russian stations (Stat. 32) from the cruise in August 1902, and Makaroff's two Stations 77 and 82.

| Depth in Metres. | Fram, Stat. 23 July 31, 1895 84° 28' N. Lat. 75° 56' E. Long. | Stat. 24 | Amundsen's Stat. 25 Aug. 27, 1901 | Aug. 1902 | Makaroff's Stat. 77 | Makaroff's Stat. 82 |
|------------------------|--|-----------------------------------|---|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0°16° C. 31°53 °/∞ | 1.7° C. 33.03 °/∞ | 1.3° C. 33.69 °/ | 2·71° C. 33·91 °/00 | o·4° C. | |
| 20 | -1.79° C. 32.18°/00 | o·3° C. 34·07 °/ ₀₀ | | | | |
| 25 | | -1.16° C. | 0.13° C. 33.95 % | | -1.6° C. | -1.0° C. 34.31 °/∞ |
| 40 | -1.88° C. | -1.63° C. 34.43 °/∞ | | | | |
| 50 | | | -1.17° C. | -1'25° C. 34'69 °/00 | -1'9° C. 34'57 °/00 | -1.7° C. 34.56 °/∞ |
| 60 | 1.88° C. 33.70°/₀ | -1.94° C. | -1'17° C. | | | |
| So | -1.86° C. | -1.92° C. 34.49 % | -1.25° C. | | | |
| 100 | -1.78° C. | -1.80° C. | -1.35° C. | -1.11° C. | -1.9° C. 34.65 °/ | -1.7° C. 34.63 °/∞ |
| 120 | -1.59° C. 34.29 °/00 | 700 | | | | |
| 125 | | -1.51° C. 34.59 %∞ | | | | |
| 140 | -1.48° C. | | | | | |
| 150 | | -1.79° C. | | | -1.0° C. | |
| 160 | -0.82° C. 34.65 °/₀ | 700 | | | J. 7 700 | |

Amundsen's salinities lie between those of the North Polar Basin, and those at the Russian Station in the Barents Sea to the southeast as well as those of Makaroff's Stations to the east. It seems probable that Amundsen has been in Polar water coming from the northeast through the strait between the Franz Josef Archipelago and Spitsbergen. The salinity of this Polar water is gradually increased on the way southwards by intermixture with southern waters of higher salinity.

V. The Waters of the Northern Norwegian Sea and the East Greenland Polar Current.

Capt. Amundsen's observations at the eleven Stations (13-23, Table II) in the sea north of Jan Mayen and east of Greenland, are especially valuable; for they present very graphically the manner of formation of the Bottom Water in the Norwegian Sea. This water fills the whole basin everywhere below a depth of, say at least 1000 metres; it forms at least two thirds of its bulk of water. During the cruise with the Michael Sars in 1900 it was discovered that this bottom-water has a remarkably uniform salinity varying slightly between 34.89 and 34.92 or 34.03 $0/00^{-1}$. Its temperature varies slightly between —1.1 and -1'3° C, in the deepest strata near the bottom, an rises extremely slowly upwards into the higher strata. It has generally been assumed that this cold bottom-water was of Polar origin and derived from the East Greenland Polar Current. On an earlier occasion² the writer has already pointed out that observations prove that this cannot be the case; this bottom-water must be formed on the surface of the sea in the very region of Amundsen's Stations, and in fact by cooling of the water through radiation during the winter.

This is clearly seen, if Amundsen's observations be compared with those of other expedition in neighbouring regions. Unfortunately no other deep-sea observations were taken in these tracts during the summer of 1901, and it is, therefore, necessary to use those taken during earlier years, by various expeditions. As the distribution of temperature and salinity may no doubt vary much from one year to another, it cannot be expected that a very accurate picture of the distribution at a particular moment will be obtained by comparing observations from different years; but still it may be assumed that certain well marked and general features, of both vertical and horizontal distribution, prevail in most years, and it

¹ As was already mentioned above, p. 12, it makes a difference whether the salinity of this bottom-water be computed from the Specific Gravity, or from the amount of Chlorine, (as found by Titration).

² F. Nansen, Oceanography of the North Polar Basin. The Norwegian North Polar Expedition 1893—1896. Scientific Results, Vol. III, No. 9, 1902, p. 416.

is probable that these features may be made out by studying critically the material at hand.

The following expeditions have made observations which may be valuable from this point of view.

The Norwegian North Atlantic Expedition, on board the Vöringen took a great many Stations in the region east and northeast of Amundsen's Stations, in July and August, 1878. The temperatures, given by Prof. Mohn 1 seem to be fairly trustworthy wherever they have been gradually decreasing from the surface downwards, but where, in the upper water-strata, a warmer layer has been placed under a colder one, a feature very characteristic for Artic waters, the instruments used have not given trustworthy results, and frequently have even failed to indicate the excistence of such warm layers, which are now known to exist. The reversing apparatus used, a wooden case, did not give the Negretti and Zambra thermometers a sufficient time for assuming the correct temperature, since the instruments were frequently reversed as soon as they reached their proper depth, and the readings obtained were therefore more or less due to the temperature of water-strata through which the thermometers had passed on their way down, and not so much the actual temperature at the depth recorded. The other thermometers used during the expedition have evidently not been suitable for measuring accurately the temperatures of such intermediate warm water-strata. Mohn's curves, representing the vertical distribution of temperature, have, at many Arctic Stations (e. g. Stations 226, 297, 298, 300, 304, 350, 351, 352), indications of the typical warmer water-stratum underlying the cold Polar layer near the surface, but it must be assumed that the temperatures of this particular warm stratum are in most cases too low. It is therefore often somewhat difficult to use the temperatures for comparasion with more accurate observations. The salinities or specific gravities obtained for deeper water-strata during this expedition, are not sufficiently trustworthy for the present purpose.

Captain C. Ryder², on board the *Hekla*, took in July 1891, a series of very important Stations (R VIII—R XIII, Pl. V), across the East Greenland Polar Current, north of Amundsen's Stations. Ryder's temperatures were taken with Negretti and Zambra Reversing Thermometers, and are evidently fairly good. But the values af salinity are not

¹ H. Mohn, The North Ocean. its Depths, Temperature and Circulation, *The Norwegian North-Atlantic Expedition*, 1876—1878, Christiania, 1887.

² C. Ryder, Den Østgrønlandske Expedition, 1891—92, Meddelelser om Grønland, vol. XVII, Copenhagen, 1895, pp. 189 et seg.

trustworthy, for on the one hand the determinations by Mr. K. Rördam of specific gravity and chlorine are obviously very inaccurate¹, and on the other hand the water-bottle used, has obviously not closed tightly.

The Danish Ingolf Expedition in 1895-1896 made some very valuable oceanographic work in the waters round Iceland, and between Iceland and Jan Mayen², which have been used for constructing the oceanographic charts (Pl. V) of this part of the sea. The temperatures were taken with Reversing Thermometers from Negretti and Zambra, and also by some of Knudsen's own construction. The thermometers were carefully controled, and the temperatures appear to be very trustworthy. The salinities obtained during this expedition are, however, not sufficiently accurate for the present purpose. There are sometimes great irregularities in the series, which are evidently erronous; they must probably be ascribed to the water-bottle (Sigsbee Water-Bottle) which has not been reliable; in this manner the much too low salinities may in many cases, be explained. But the salinities are frequently also too high, as is best seen where samples have been taken from the deep cold strata which in many cases gets a much too high salinity, even after the values bave been reduced by 0.05 % in order to make them comparable with those of M. Knudsens Tables.

At the request of O. Pettersson and G. Ekman, Professor S. Arrhenius took, on board the Virgo of the Andrée Expedition, a series of Stations (Arr. I—VI, Pl. V) west of Northern Spitsbergen. The water-samples as well as the temperatures were taken with a Pettersson Insulated Water-Bottle. The results of the observations are described by O. Pettersson and G. Ekman³. The thermometer was inserted after the bottle came up, which is apt to make the determinations of temperature inaccurate, and besides, the insulation of the water-bottle has not been sufficient for the greater depths, or the releasing arrangement of the water-bottle has not worked properly; for the temperatures obtained, are very improbable in several cases, especially for 850 metres (Stats. IV and VI). The salinities are also somewhat irregular and obviously erronous in several cases. According to the values of tempe-

¹ Cf. Nansen, Oceanography of N. P. Basin, p. 407.

² Martin Knudsen, Hydrography, Danish Ingolf-Expedition, vol. 1, No. 2, Copenhagen, 1898.

³ O. Pettersson, G. Ekman, and P. T. Cleve, Die Hydrographischen Verhältnisse der oberen Wasserschichten des Nördlichen Nordmeeres zwischen Spitzbergen, Grönland und der Norwegischen Küste, 1896 und 1897, Bihang till K. Svenska Vet.-Akad Handlingar, vol. 23, Sect. II, No. 4, Stockholm, 1898.

ratures and salinities given, heavier water should frequently have been placed on top of much lighter strata; but it is often impossible to decide whether the errors are chiefly due to errors in the temperature or in the salinity. The values of the latter have been determined from the amount of chlorine per litre, and have to be reduced by about 0.07 "/00² to be comparable to the salinities found from Knudsen's Tables. The highest salinity obtained at Arrhenius's Stations was 35.22 % (originally 35.29 %), at 400 metres (Stat. IV), but this is evidently eronous, if the temperature of 2.46° C. given for the same depth be correct. For the density of that water-stratum would then have been 28.14, and much heavier than all underlying waters. If the temperature be correct the salinity must have been less than 35.17 %, but if the salinity be correct, which is improbable, the temperature must have been above 3° C.

The Nathorst Expedition to East Greenland took, in June and July, 1899, a few Stations (N VI—N IX, Pl. V), in the region between Amundsen's Stations (20 and 19), and the Greenland coast. The results are described by Mr. Filip Åkerblom⁴, the oceanographer of the expedition. The temperatures were taken usually by a Pettersson Insulated Water-Bottle of the old form. The thermometer was inserted after the bottle came on deck and cannot therefore be expected to give perfectly accurate temperatures; but as the depths were not great these temperatures may be expected to be very satisfactory. For depths greater than 500 metres reversing thermometers were used, the accuracy of which were inside the limits of 0.1° C., according to repeated experiments. The salinities given by Åkerblom appear, however, to be less trustworthy. Åkerblom gives in his tables the amount of chlorine per litre at 15° C., but he says that salinities are computed

¹ The latter errors may have been due to evaporation of water through the cork-stoppers of the sample bottles on the way home.

² Mr. B. Helland-Hansen informs the writer that values of salinity computed from the amount of Chlorine by means of the tables formerly used in O. Pettersson's laboratory, are about 0.08 or 0.09 0/00 higher than those obtained by Knudsen's Tables. If however the salinity be computed from the permillage of Chlorine (per 1000 grams seawater) by means of the factor 1.809 the value obtained will be nearly 0.05 0/00 higher than that obtained by Knudsen's Tables. A reduction of 0.07 0/00 as a mean between the two, has here been employed.

³ Pettersson himself does not seem to be aware of this fact as he has recently compared the old values of salinities from Arrhenius's Stations with those found in the North Polar Basin. He reduced the latter salinities but does not reduce the former (see Geograph. Journal., London, vol. XXIV, 1904, p. 316).

⁴ Filip Åkerblom, Recherches Occanographiques. Expedition de M. A. G. Nathorst in 1899. Upsala Universitets Årsskrift 1903. Matematik och Naturvetenskap, II, No. 1, Upsala, 1904.

according to Martin Knudsen's tables. On the whole he seems to have got somewhat high salinities, but it is difficult to decide how much his values ought to be reduced. If his salinities found for the bottom-water of the Norwegian Sea, be taken it is found that his errors vary much, as the following examples will demonstrate. It is known now that the bottom-water with a temperature of about —1° C. has a salinity of about 34.92 % and 34.93 % If the latter value be assumed as the upper limit, the following minimum errors for Åkerblom's determinations of the bottom-water will be obtained.

| Number of Station Depth i | | Temperature | Salinity | Minimum Error | |
|---------------------------|------|-------------|------------|------------------|--|
| II | 667 | — 1°0° C. | 34.97 0/00 | + 0.04 0/00 | |
| III | 1916 | —1.1 | 34'96 | + 0 03 , | |
| v | 2000 | -0,0 | 34 94 . | + 0.01 " | |
| VI | 500 | -1.3 | 35.01 | + 0.08 * | |
| V:a | 1028 | _o.8 | 35'16 " | + 0.53 " | |

The probability seems to be that, at least, some of those errors are due to evaporation through the cork-stoppers of the glass-bottles in which the water-samples were brought home. The values 34'97 and 34'99 $^{0}/_{00}$ for the salinity at 100 and 150 metres, Stat. N VI (see Sect. VI, Pl. VIII) and at 200 and 270 metres, Stat. N VII (see Sects. V and VII, Pls. VII, IX) are obviously also too high, and have to be reduced by perhaps about 0'06 or 0'08 $^{0}/_{00}$.

Captain G. Amdrup¹ took in June and July, 1900, three Stations (Ap II—Ap IV, Pl. V) between Jan Mayen and Greenland. Both temperatures and salinities were taken with a Pettersson Insulated Water-Bottle of the old patern at Stations II and III, and partly Station IV. As the temperatures were taken by means of a thermometer which was inserted after the water-bottle came on deck, they cannot be very accurate, but they, as well as the salinities, are evidently very good. The values of the salinity are, however, obviously somewhat too high, on the whole, and give too high densities, if the be compared with those of Amundsen's Stations. The densities of the deepest water-strata at his Stat. II, northwest of Jan Mayen, are also too high, if they be compared with those of the Michael Sars, taken in the neighbourhood in the same summer (see Sect. IX, Pl. X). At his Stat. III (see Sects. IV, VI, VII) Amdrup has obtained samples from the typical bottom-water with

¹ G. Amdrup, Carlsbergfondets Expedition til Øst-Grønland, 1898—1900, Meddelelser om Grønland, vol. XXVII, Copenhagen, 1902, pp. 345—349.

temperatures below zero centigrade (at 200, 220, and 250 metres) but his salinities are obviously about 0.04 %, too high; they have here been reduced accordingly, and the values thus obtained agree very well with those of Amundsen's Stations. At Station IV, Amdrup also used a Sigsbee Water-Bottle and a reversing thermometer; but he himself points out that these instruments have possibly not worked satisfactorily; both temperatures and salinities seem improbable, which is also indicated by the densities; it was therefore thought advisable to leave these observations out of consideration.

During the Kolthoff Expedition, on board the Frithjof, to the East Greenland Coast, Mr. Östergren took, in July 1900, two interesting Stations (F I and F II, Pl. V) with deep-sea observations to the north of Jan Mayen and between Spitsbergen and Greenland. The temperatures were taken with a Pettersson-Nansen Insulated Water-Bottle, of the first model made by L. M. Ericsson & Co. in Stockholm, in 1900; but without the Nansen Deep-Sea Thermometer. The temperature readings were taken by a thermometer inserted after the water-bottle came on deck, which prejudices the accuracy of the observations. Nor is it stated whether any correction has been introduced for the reduction of temperature caused by alteration of pressure. It is stated that the bottle was hauled up with a velocity of 1000 metres in 10 or 15 minuter. But if it has taken as much as 30 minuter or more to haul the bottle up from 2000 or 3000 metres, the readings obtained cannot be trustworthy, as experiments have proved that the insulation of the bottle is not sufficient to keep the temperature-readings unaltered for such a long time. It is thus seen that the temperatures cannot be very accurate, at all events from the deep strata. The readings may farthermore have been too low owing to cooling by expansion of the water and the solid parts of the water-bottle (especially the india-rubber), on hauling up from great depths. Is seems, however, more probable that they have been too high, owing to deficient insulation during the long period the bottle was being hauled up, and owing to the insertion of the thermometer after the bottle had come up on deck. It may therefore be expected that the temperature of -1.23° C. at 3100 metres, at Station I (77° 11′ N. Lat., o° 55' W. Long.) is somewhat too high, in spite of the considerable cooling caused by hauling the instrument up from this depth.

Much worse than the inaccuracies of the deep-sea temperatures thus caused, is, however, the fact that the water-bottle has not worked properly

O. Pettersson and Hj. Östergren, Vattenprof tagna under "1900 Års Svenska Zoologiska Expedition", Ymer, vol. XX, Stockholm, 1901, pp. 325-329.

at Station II, the releasing propeller having obviously not functioned at the desired depths. During the first cruise of the "Michael Sars" in the same summer, 1900, there were on board several water-bottles and among them two instruments of exactly the same form as that used by Östergren, and made simultaneously by the firm L. M. Ericsson in Stockholm. The bottles were closed by a releasing propeller; but it was found that the propeller very often failed to release and close the bottle at the desired moment, especially at great depths; a fault which was afterwards remidied, and does not occur with bottles of the newer pattern. Östergren has evidently had exactly the same experience with his water-bottle of this same make (at Station II) without noticing it. His temperatures for 1000 and 2000 metres (see Section IX) are much too high 1; the temperature and salinity as given for 1000 metres indicate that the bottle has on that occasion been closed somewhere between 500 and 700 metres, where there was also a salinity similar to that of the bottom-water. The salinity optained from 2000 metres is impossible, and indicates that the bottle has probably been closed at a depth of about 90 metres instead of 2000 metres. According to the list of observations, which Prof. Pettersson kindly sent me, another observation was also taken at 1500 metres, which; however, gave a temperature of 0.28° C., indicating that the bottle had been closed somewhere in the intermediate warm water-stratum. The authors left out this observation in their published Table. It is consequently seen that at this Station the water-bottle has probably worked properly down to 700 metres, but below this depth no observations taken are trustworthy.

The salinities published by Pettersson and Östergren are evidently computed according to Pettersson's former method, and are consequently higher than those obtained by Knudsen's Tables. The difference is somewhat higher than might be expected. To judge from the salinities given of the cold bottom-water at both Stations, which are very uniform, the salinities are evidently about 0.10 % too high and have therefore here

According to the observations published, Östergren already found the typical bottom-water of the Norwegian Sea at 700 metres, with a temperature about -0.5° C. and a salinity about $34.93^{\circ}/_{00}$, and at this depth the water-bottle has probably closed properly. But if so, it is impossible that the temperature could have been higher at 1000 and 2000 metres but the salinity evidently very nearly the same; such conditions are against physical laws, and are found nowhere in the bottom-water of the Norwegian Sea. It is of course possible that in the deepest hollows of the basin there might be a slight rise of temperature towards the bottom, owing to the underground heat of the lithosphere.

been reduced accordingly, and the densities were calculated from the values as thus obtained, which give very probable results.

During a cruise with the Michael Sars, under Dr. J. Hjort, in 1000, which Helland-Hansen and the writer joined as oceanographers, several Stations (M 16-M 47, Pl. V), between Iceland and Jan Mayen and east of the latter, were taken in August, 19001. The temperatures were determined by an insulated water-bottle of the writers construction, provided with fixed deep-sea thermometer; temperatures were also determined by some specially constructed Negretti and Zambra Reversing Thermometers divided into tenths of degrees Centigrade. The thermometer-readings have been carefully corrected, for instrumental errors, zero-correction, alterations due to pressure, etc., and may be accepted as the most accurate observations hitherto made in these regions. The water-samples were to a great extent taken in Soda Water bottles, containing 600 cubiccentimetres, and closed with patent india-rubber stoppers. The determinations of salinity were made with the Hydrometer of Total Immersion, and by Titration. The determinations, especially the former, are very accurate; but the salinities obtained by titrations, have a tendency to be somewhat too high, evidently owing to some slight evaporation through the cork-stoppers of the glass-bottles which were employed to contain the small samples (of 100 ccm.), taken for titration. It is probable that Amundsen's samples have been more trustworthy in this respect, as they were greater (150 ccm.) and were more carefully closed. His comparatively low values of the amount of Clorine in the bottom-water (giving salinities between 34.90 and 34.92 0/00) may therefore be considered as more accurate than those of the above titrations.

The Stations of the various Expeditions have been introduced on the chart Pl. V, Fig. 1. The observations at these Stations have been used for the construction of the maps (Pl. V) showing the norizontal Distribution of *Temperature*, *Salinity*, and *Density* in the northern Norwegian Sea at 0, 50, 100, 200, 300, and 400 metres, chiefly in the months between June and August. Besides the Expeditions mentioned above, the observations of the following Expeditions have also been used for these maps:

Expedition of the *Michael Sars* in February and March, 1901 (between Norway and Bear Island), in April to July 1901 (between

¹ Cf. Helland-Hansen and Nansen, The Physical Oceanography of the Norwegian Sea, Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations, vol II, No. 2. See also F. Nansen, Some Oceanographical Results of the Expedition with the Michael Sars 1900, Nyt Mag. for Naturvidenskaberne, vol. 39, Christiania, 1901, pp. 129-161.

Norway and Spitsbergen), in February 1903 (between Norway and Jan Mayen);

Expedition of Capt. C. Ryder in June, 1891, and Aug. 1892 (between Greenland, Iceland, and Jan Mayen);

Expedition of Admiral Makaroff, on board the "Yermak" in June and August, 1809 (Bear Island and Spitsbergen);

Expedition of Dr. Knipowitsch July and October, 1901 (Barents Sea, and between Norway and Bear Island);

Expedition of Dr. Breitfuss in August and October, 1902 (Barents Sea).

In order to illustrate the vertical distribution of Temperature, Salinity, and Density in the region of Amundsen's Stations 13—23, Sections IV—X (Pls. VI—XI) have been constructed.

Vertical and Horizontal Distribution of Temperature and Salinity in the Region of Amundsen's Stations 13-23.

The sections in connection with the maps (Pl. V) give a very clear picture of the vertical and horizontal distribution of temperature, salinity, and density in this northern region. The oceanographic conditions of the region of Amundsen's Stations are seen to be in several respects strikingly different from those of the surrounding regions, with the exception of the Stations 302, 303, and 304 of the Norwegian North Atlantic Expedition 1878, (see Section IV, Pl. VI) where there have evidently been much the same conditions 1.

In Amundsen's region the isotherm of -1° C. of the bottom-water (having a salinity of about 34.90-34.92.90) rises to within a very short distance below the water-surface, especially in the eastern central part of it — about Stations 13, 14, 15 and 16 (see especially Section IX, Pl. X, and also Sections IV and V). The reason why the isotherm rises so high especially at these Stations, is evidently to some extent because they were taken earlier in the season (in June) than the others, and the cold heavy water had not yet sunk to the depth reached later, in July.

¹ There has probably been no intermediate warm water-stratum at these Stations, the temperatures have continuously decreased downwards as at some of Amundsen's Stations, and under these circumstances Mohn's thermometers have probably given fairly trustworthy readings. The tollowing thermometers were used at these stations: four Miller-Casella Deep-Sea (maximum and minimum) Thermometers, one Buchanan Mercury Piezometer, two Casella-Buchanan Thermometers, and one Negretti and Zambra Reversing Thermometer.

Stat. 23 (July 11 and 12) was, for instance, taken more than three weeks later than the first Station in this region, Stat. 13 (June 19).

At Stat. 14 (June 20, Table II) there was found already at 80 metres water with a temperature of -1.25° C., a salinity of $34.87^{\circ}/\infty$, and a density of 28.07 (or very nearly the same characters as the bottom-water), and this is the place amongst Amundsen's Stations where the cold bottom-water comes nearest to the surface 1. The isotherm of -1° C. rose to about 50 metres, where there was a salinity of $34.83^{\circ}/\infty$. Station 21 is very nearly at the same spot (about 10 kilometres further west), but was taken nineteen days later (on July 8). The isotherm of -1° C. had then sunk to 150 metres (see Section IX, Pl. X), the temperature was gradually decreasing downwards and there was only a slight indication of an upper minimum at 60 metres, the temperature (-0.82° C.) being nearly the same as at 100 metres (-0.83° C.).

At Stat. 16 (Sect. IX) there was indications of an upper minimum $(-1.05 \text{ to } -1.11^{\circ} \text{ C.})$ between 60 and 150 metres, but the salinity $(34.88 \text{ and } 34.90 \text{ e/}\infty)$ was very nearly that of the bottom-water, and there is no distinct separation of the one layer from the other.

At Mohn's Stations 302 and 303 (June 19, 1878) the isotherm of -1° C. also rises very near the water-surface (to about 50 metres below it) and here even the isotherm of $-1^{\circ}2^{\circ}$ C. seems to rise very high, to about 150 metres below the water-surface (Section IV, Pl. VI).

But outside the region of Amundsen's Stations and the above Stations of Mohn, the isotherms of -1° C. and -1° C. slope steeply off towards all sides, both east and west (Sects. IV and V) and south and north (Sects. VIII and IX). A section through Amundsen's southern Stations (Sect. VI) gives a very low situation to the isotherm of -1° C.; and in Sect. VII, farther south, the isotherm of -1° C. has sunk almost beyond sight.

At Station 13, there was a temperature of -1.15° C. already at 25 metres, but the salinity was only 34.38°/ $_{oo}$ and the density 27.68. This is evidently water from the Polar Current. At 50 metres there is a minimum of -1.37° C., and 34.81°/ $_{oo}$, with a density of 28.04; and here there is some approach to the nature of bottom-water. It seems as if the water at this depth was slightly heavier than the water at 100 metres, with a density of 28.03; but if this be not simply due to a slight inaccuracy, of about 0.01° / $_{oo}$, in the determination of the chlorine, it might also be due to the fact that the instruments were released by propeller after having been hauled up 3 or 4 metres, and the water samples thus have come from a stratum slightly above the one from which the temperature was taken by reversing thermometer. As there was an interval of about 17 minutes between both observations, there is also a possibility that some displacement of the water may have taken place.

Even in a section (Sect. X) through Ryders Stations (taken in the beginning of July, 1891), north of Amundsen's region, the isotherm of —1° C. and —1'2° C. lie comparatively low; whilst there is an upper minimum, between —1° and —1'5°, at about 60 and 100 metres, extending westwards into Mohn's Stations 350 and 348, where it is lying somewhat deeper and underlying a layer of much warmer water. But these Stations were taken in August, 1878; i. e. a month later in the season. The salinities at Ryder's minimum have evidently been very low. To judge from the very inaccurate determinations of specific gravity and salinity (by K. Rørdam) they may have been between 34'3 and 34'6'00 (by Knudsen's Tables), at Ryders Stations IX and X, which is much about the typical salinity of the coldest Polar water of the top layers in the North Polar Basin as well as in the East Greenland Polar Current.

The isopycnals of 28.00 and especially of 28.10 also rise to levels very near the sea-surface at Amundsen's Stations, and slope off towards the sides, especially towards north and south (see Sections VIII and IX) and towards west (Sects. IV, V, VI), but not so much towards east (see Sect. IV), where very heavy water obviously occurs in the region of Mohn's Stations 302 and 303 etc.

The maps, Pl. V, give interesting pictures of the horizontal distribution of Temperature, Salinity, and Density, in the summer, at 50, 100, 200, 300 and 400 metres. They show that in the region of Amundsen's Stations there are quite peculiar conditions, it forming, as it were, a centre of cold and heavy water.

It is necessary to distinguish between two kinds of cold water in these maps, viz. the cold water of the surface layer, between 0 and 200 metres, of the East Greenland Polar Current (and that of the Barents Sea), which at some places, e.g. round Jan Mayen and between Jan Mayen and Iceland, has sunk down to greater depths, — and the cold bottom-water of the Norwegian Sea which in the region of Amundsen's Stations rises so near to the surface that it is in contact with the cold surface water. East of Iceland and between Iceland and Jan Mayen the surface of this bottom-water rises so high that it is visible in the maps (see especially those for 300 and 400 metres). At Ryders Stations II and III, June, 1891, between Iceland and Jan Mayen, this cold bottom-water was obviously in contact also with the cold surface water.

The map for 200 metres gives a good idea of the distribution of these two kinds of cold water. In the region of Amundsen's Stations the cold bottom-water is surrounded by the isotherms of -1° C, and 0° C. The former forms a closed ring round Amundsen's eastern, and

earliest, Stations and Mohn's Stations 302 and 303. The isotherm of o° C. obviously forms a ring outside this region as indicated in the map. It must be closed in the unknown region to the north; for in the North Polar Basin, in the western part of the Fram's route (Stats, 19— 26)1 there were found temperatures above zero at 200 metres; and the cold surface water was separated from the cold bottom-water by a layer of water 600 metres thick, with temperatures above zero. At Kolthoff's Station I (F I) the temperature was 1.02° C. at 200 metres; and at Mohn's Stat. 351 a temperature of 0'1° C, was observed at 183 metres (100 fathoms), but, as before mentioned, Mohn's temperatures, are liable to be too low for intermediate warmer layers. Along the Greenland coast there is another region of water with temperatures below o° C. at 200 metres; but this is water with low salinity, from the cold surface layer of the Polar Current, pressed down against the coast on the right hand side of the Polar Current (see Sections IV-VII). Round Jan Mayen there is similar cold surface water with low salinity at 200 metres, which has been pressed down round the island, Section VII (Pl. IX) shows clearly that there cannot be any communication between this cold water and the cold bottom-water of the same depth at Amundsen's Stations to the north; for the cold surface-water at 200 metres near Jan Mayen (Ap. II and M. S. 20) is separated from the cold bottom-water by several hundred metres of warmer water (see Sect. VII). To the north of Iceland there are similar conditions; the polar current is there blocked by the land, and its cold surface waters are pressed down below 200 metres, at some places.

The salinity at 200 metres is fairly uniform in the greater part of the region, generally, between 34.90 and 34.95 %. But it is very characteristic that the salinity is on the whole lowest near the centre of the cold region, and there is a small area where it is even 34.88 and 34.89 %. In this central region the cooling has consequently been sufficiently great during the winter to make this water, with a somewhat lower salinity, so heavy that it can sink down from above.

The map shows that at 200 metres, the densities increase towards the central part of the region, and approach $28^{\circ}10$. The isopycnal of $28^{\circ}10$ forms a closed curve, whose area does not coincide with that of the isotherm of -1° C., but is somewhat to the west of it. The isopycnal of $28^{\circ}00$ passes outside the region on both sides, east and west.

¹ F. Nansen, Oceanography of N. P. Basin, p. 306.

In the maps for 300 and 400 metres, the isotherms of —1° C. and 0° C. have very similar contours in the region of Amundsen's Stations, as have also the isopycnals of 28·10 and 28·00; but the area of the cold heavy water increases with the depht so that the rings formed by the curves become wider. All traces of the cold surface-water have almost disappeared in these maps — except perhaps, to the north of Iceland; — whilst there is, especially at 400 metres, an axis of cold bottomwater extending northwards, towards Jan Mayen, from the sea east of Iceland.

In the maps for 50 and 100 metres, the cold Polar water of the upper layers, with temperature below 0° C. and -1° C. and salinity below 34.9 and 34.8%, has a wide distribution east of the Greenland coast and north of Iceland. But in the region of Amundsen's Stations the conditions are very peculiar, and there is an intimate connection between the cold water near the surface and the cold bottom-water. The isotherm of -1° C. forms a closed curve near Amundsen's region, in the map for 100 metres, and so does the isotherm of 0° C. almost. The isotherm of -1° C. also encloses a special area in this region at 50 metres, whilst the isohalines of 34.9 and 34.8% form peculiar tongues extending westward. The isopycnal of 28.00 forms closed curves or rings in both maps for 50 and 100 metres, but it is much wider in the latter.

It is clear that there here is very nearly the centre of the region where the homogeneous bottom-water of the Norwegian Sea chiefly arises, and it is also clear that this bottom-water must be formed by cooling at the sea-surface during the winter, just as in the case of the bottom-water of the Barents Sea, described in the previous chapter.

By examining the characteristic features of the vertical distribution of Temperature, Salinity, and Density in and under the waters of the North Polar Current, in the North Polar Basin and along the East coast of Greenland, it will easily be seen that the bottom-water of the Norwegian Sea cannot be water from this current, as was generally assumed.

The Vertical Distribution of Temperature and Salinity in the East Greenland Polar Current and Underlying Waters.

West of Amundsen's Stations is the region of the East Greenland Polar Current, with very typical vertical distribution of temperature and salinity, of much the same character as found by the writer in the North Polar Basin. Near the water-surface there is a layer of Polar water, with low temperature and salinity 1 , and a temperature-minimum of between -1.5 and -1.8° C., at between 40 and 60 metres.

In the eastern part of the Polar Current, at Amdrup's Stat. III (Ap. III) and Ryders Stat. XII (R. XII) the minimum is at 30—50 metres. The salinity of this minimum varies between 34.3 and 34.6%. In the western part of the current, near the Greenland coast (N. IX), the salinity of the minimum is much lower, viz. 33.2—33.7%. The density of this minimum is about 27.6—27.8 (N. VII and Ap. III). Near the Greenland coast it is much lower, 26.7—27.1 (N. IX).

Underneath this cold Polar water coming from the North Polar Basin, is a warm layer of Atlantic water with temperatures above zero, and salinities above $34.9\,\%_{00}$. The density is about 28.04-28.07. Underneath this warm layer is colder water again, the temperature of which gradually sinks below zero, and decreases downwards to below -1° C., at depths greater than 1000 metres (see Sections IV-VI, VIII, X). The salinity of this cold bottom water is very uniform, as a rule between 34.90 and $34.92\,\%$ (computed by Knudsen's Tables from the amount of Chlorine), and its density increases gradually downwards, from 28.07 towards 28.11 or 28.12.

These conditions, typical of the North Polar Current, are also found south of Amundsen's Stations, at Kolthoff-Östergren's Station II (F II), and at Amdrup's Stat. II (Ap. II) west of Jan Mayen (see Sect. VII). Even east of Jan Mayen, at "Michael Sars's" Station 29 (MS 29) there are indication of the same polar conditions, except that the upper temperature minimum was not so low (—0.66° C.), and was depressed somewhat deeper, to about 80—100 metres, with salinities about 34.7 %.

In the sea between Jan Mayen and Iceland there is also to a great extent the same vertical distribution of temperature and salinity as in the East Greenland Polar Current farther north, which is proved by the Stations 18 und 19 (MS 18, MS 19, Sect. IX) of the Michael Sars, and several Stations of the Ingolf Expedition.

Ryders Station II (June 22, 1891, R II, Pl. V), in 68° 24' N. Lat. and 14° 4' W. Long., is a somewhat strange exception. Here the vertical distribution of temperature is very different from that shown by all other series of temperatures in this region, as is seen by the following

¹ The writer has before pointed out that it is a mistake to believe that this layer of polar water, with low salinity, is formed by the melting of the ice, as Prof. O. Pettersson and other authors seem to assume. The water is an outflow of the Polar water covering the North Polar Basin to a depth of about 200 metres, and this water has its low salinity by being diluted with fresh-water, chiefly from the Siberian rivers.

table, where Stat 18 of the "Michael Sars", and Stat. 125 of the Ingolf Expedition, one on each side of Ryders Station, are given for comparison. The salinities are computed by means of Knudsen's Tables. (For Ryder's salinities have been used the determinations with hydrometer, and at some depths the mean between these values and the values of $S \frac{15^{\circ} C}{15^{\circ} C}$, found by Rørdam with the pycnometer). Ryders Station was taken several miles inside the edge of the drifting ice-masses. While the upper temperature minimum is at the usual depth of about 50 metres at the "Ingolf's" Stat. 125, and at the "Michael Sars's" Stat. 18, there is a remarkable minimum of $-2\cdot1^{\circ} C$. in about 180 metres at Ryder's Station. The temperature of $-2\cdot1^{\circ} C$. is, however, evidently erronous, as it is below the freezing-point of the water (which is about $-1\cdot9^{\circ} C$. if

| Depth in Metres | Ingolf 125 July 29, 1896 68° 8' N. 16° 2' W. | Ryder II June 22, 1891 68° 24' N. 15° 4' W. | M. Sars 18 Aug. 6, 1900 69° 9' N. 12° 0' W. | Ryder III June 25, 1891 69° 51' N. 11° 18' W. | M. Sars 19 Aug. 7, 1900 70° 35' N. 11° 10' W. | Ingolf 117 July 23, 1896 69° 13' N. 8° 23' W. |
|-----------------------|---|--|--|--|--|--|
| 0 | 2·1° C. | — 1.0° C. 33.5°/∞ | 5.7° C. 34.2°/00 | _oʻ2° C. 33˙7 °/₀₀ | 4.2° C. | 4°1° C. 33°82°/ ₀₀ |
| 18 | | — 1.0° C. 33.7°/∞ | 5.5° C. 34.27 %。 | −o.2° C. | 4'3° C. 34'27°/00 | |
| 55 | -1.3° C. | —1.2° C. | —1'4° C. 34'6°/∞ | -1.6° C. | -1.4° C. | -0.7° C. 34.72°/∞ |
| 94 | oʻ2° C. 34'7 °/ ₀₀ | —1,0° C' | —1.0° C. | -1.8° C. | _oʻ5° C. 34`7°/∞ | —oʻ9° C. [33ʻ95°/∞]? |
| 188 | o'8° C. [34'5 °/∞]? | -2·1° C.? | o⁺6° C. 34⁺9°/₀ | -1.1 _o C | oʻ3° C. 34⁺89°/∞ | -oʻ7° C. 34ʻ99°/∞? |
| 290 | | —1.8° C. | oʻ2° C. 34ʻ94 °/ ₀₀ | —oʻ2° C. 34˙34 °/₀∘? | oʻ2° C. 34ʻ93 °/∞ | |
| 370 | oʻ4° C. 34˙94 °/∞ | —oʻı° C. 34 ʻ 95 °⁄₀ | | -oʻ₄° C. 34ʻ9 °/∞ | oʻo° C. 34ʻ93 °/∞ | oʻo° C. 34ʻ96 °/ ₀₀ |
| 560 | | —o·3° С. | o'4° C.? 34'93°/ ₀₀ | —о∙7° С. | —oʻ4° C. 34ʻ93 °/₀ | |
| 750 | -oʻ3° C. 34ʻ9o°/₀ | —oʻ7° C. 34ʻ9°/₀₀ | | —о∙7° С. | | —o.6° C. 35.03°/∞? |
| 1130 | -0.4° C. | −o.∂ _o C′ | —o∙8° C. 34˙93 °/∞ | −o.ò₀ C. | | -o·9° C. 35·05°/ ₀₀ ? |
| 1370 | -0.8° C. 34.90°/₀₀ | —oʻ9° C. 34ʻ9°/∞ | −oʻ9° C. 34ʻ92°/₀₀ | -1.0° C. 34.9°/∞ | —о∙88° С. | |

the salinity be $34.9 \, ^{\circ}$ 0/ ∞). This may indicate that Ryder's temperatures are on the whole somewhat too low (about 0.02° C.). If it be assumed that the temperature has been near the freezing-point and that the salinity of about $34.90 \, ^{\circ}$ 0/ ∞ be correct, the density of the water was about 28.12. This is rather heavy water; and the salinity may probably have been lower (the determination with the hydrometer gave $34.88 \, ^{\circ}$ 0/ ∞).

The only way in which these conditions can be explained, if the observations be fairly correct, is by supposing that during the previous winter or spring there has been a vertical circulation in this region, reaching down to 200 or 300 metres; and if this vertical circulation could break trough the underlying warmer water with a higher salinity, the possibility of bottom-water also being formed occasionally in this region is not excluded.

Ryders Station III (R II, Pl. V) shows also some resemblance to his Stat. II: the temperature-minimum lies comparatively deep (at 94 metres) and water with temperatures below -1° C. reaches down below 180 metres from the surface.

At Stat. 117 of the Ingolf Expedition (July 23, 1896, I 117, Pl. V) the cold surface layer has been very deep (—0.7° C. was observed at 188 metres) and the underlying warmer layer has been comparatively thin (0.0° C. was observed at 377 metres); but the values of the salinities are evidently too high, as they give much too high densities 1.

North of Amundsen's Stations, at Mohn's Stat. $350 \, (M \, 350)$ and Kolthoff-Östergren's Stat. I. (F I), there are also indications of a vertical distribution similar to that of the North Polar Current and underlying water-strata (see Sect. IX, Pl. X).

In the North Polar Basin, along the track of the "Fram", the conditions were very much the same as in the case of the East Greenland Polar Current. The water of the upper temperature-minimum at 50 or 60 metres²

The Station 217 of the Norwegian North Atlantic Expedition (July 27, 1877) in 71° o' N. Lat. and 5° 9' W. Long. seems to form a most remarkable exception, if the temperatures given can be trusted; but as they were all taken with the Miller-Cassella Thermometers this may be doubtful. They give a minimum of —1'8° C. at 55 and 94 metres (the minimum thermometers may be expected to have given this temperature correctly), and below this depth the temperature nowhere rose above —1'1° C. If this really be correct, it seems as if the region with bottom-water near the surface, has that summer extended so far south as towards this Station. That this may actually have been the case, might also be indicated at the nearest Stations 218 and 219, where temperatures of —0'9° C. and —1'1° C. are met with at 55 or even 37 metres. It may, however, be that this has only been a temperature-minimum of an upper layer of Polar water, whilst the Minimum and Maximum Thermometers have not been able to indicate the higher temperatures of the underlying, warmer water, as the sea-surface was covered by a warm water-layer of about 4 or 5° C.

² In writing 'The Oceanography of the North Polar Basin' it was assumed that the water of this temperature-minimum "must originate from other parts of the North Polar Basin, where the water near the surface has a similar salinity" (cf. op. cit., p. 323). It did not seem to appear probable that there was sufficient ice at depths between 50 and 70, or 80 metres, to cool the whole water stratum down to near its freezing point, and the distance between the great hummocks, reaching so deep, was thought to be too great to produce such a general effect. But, upon considering the question more closely, it must be concluded that an appreciable cooling of the water may be thus

has salinities below $33.8^{\circ}/_{00}$ $(33.3-33.8^{\circ}/_{00})$ and densities (σ_t) below 27.20° , and the cold top layer of Polar water rests on a thick, intermediate layer of warmer water with much higher salinity.

It is thus seen that nowhere under the North Polar Current, in regions hitherto known, can the cold and heavy bottom-water be cooled down to its low temperature by direct contact with the cold but much lighter top-layer, from which it is everywhere separated by an intermediate warmer layer. It is obvious, that the bottom-water of the Norwegian Sea cannot originate directly from the East Greenland Polar Current².

produced down to the greatest depths of the ice, which may possibly be 60 or 70 metres or perhaps even more; and Prof. O. Pettersson's suggestion that this temperature-minimum may be due to contact between the sea-water and the ice (see Geographical Journal, London, vol. XXIV, 1904, pp. 318, 320, and 322), therefore seems very probably true, although according to the direct observations made (e. g. measurements of the height of the same hommock during a long period of many months) Pettersson is not right when he assumes that an appreciable melting of the ice may be produced by this contact in the North Polar Basin. During the frequent ice-pressures the ice-floes are broken and piled up into ridges and hummocks and during the winter and spring ice-blocks with very low temperatures, of -200 or even -30°0 °C. (vide measurements, the Norw. North Polar Exp. 1893-1896, Scient. Results, vol. VI, pp. 544-557), are then pressed down to great depths. This cold ice will have a great cooling effect upon the water with which it comes into contact, because a considerable quantity of heat is required to raise its temperature to the freezing point $(-1.84^{\circ} \text{ C.})$ of sea-water with a salinity of about 33.7 $^{\circ}/_{\infty}$ (not 35.0 $^{\circ}/_{\infty}$ as stated by Pettersson, loc. cit. p. 318), and to liquefy the frozen brine in the ice. Much ice will thus be formed round the cold ice-blocks, and the blocks of one hummock may be thus united more or less into one solid mass before an equilibrium is attained between the temperature of the ice and that of the surrounding water which will be cooled down to its freezing point of about -1.84 °/ $_{\infty}$, at the same time as its salinity is slightly raised. Contact between the ice and the sea-water alone will cool the latter, but it is clear that after the water-stratum has been thus cooled down to near its freezing-point no appreciable melting of ice can be produced, because there is such and extremely slow vertical circulation owing to the rapid increase of salinity and density downwards. The quantity of heat given off by a water-stratum 10 metres thick which is cooled o'1 ° C., is hardly sufficient to melt 1'5 centimetre of ice.

To avoid misunderstanding, it may be mentioned here that there are also in the Norwegian Sea great masses of ice, which are formed in that same sea during the winter, and which occur even outside the region of the Polar Current. This ice, which

¹ Cf. Nansen, op. cit. pp. 246—255, 306, and Pl. XVI.

Professor Otto Pettersson has propounded the hypothesis (see Geographical Journal, vol. XXIV, London, 1904, p. 285) that by the melting of Polar Ice in the western and north-western parts of the Norwegian Sea, the Atlantic water should be cooled and sink towards the bottom. According to what has been pointed out above, this is not possible to any appreciable extent, as long as the Polar ice floats in the water of the Polar Current; on account of its low salinity, this water cannot sink, even if it could be cooled down by the melting of ice to a lower temperature than it had beforehand. The real Polar ice very seldom comes outside the boundaries of the water of the Polar Current in the Norwegian or East Greenland Sea. The melting of the Polar Ice, cannot therefore have any appreciable direct effect upon the cooling of the underlying Atlantic water, from which it is always protected by an layer of cold water with much lower salinity.

It is also clear that water like the bottom-water cannot arise by an intermixture of cold Polar with warmer Atlantic water, because the former, having temperatures below -1° C., has too low salinities of between 34.3 and 34.7 %. The water with a temperature of about -1° C. near the under-side of the East Greenland Polar Current has a salinity of about 34.7 %. Below this water-stratum both temperature and salinity rise downwards, whilst above it they both decrease. Water with a temperature of about -1.4° C. and -1.5° C. has salinities below 34.6 and 34.5 %. If Atlantic water be intermixed with this water to obtain a bottom-water with a salinity about 34.9 %, so much of the former would have to be added, that the temperature could not possibly become very low, even assuming that the Atlantic water had been much cooled beforehand.

In the regions where the bottom-water arises, there must be expected very nearly the temperature and salinity of this water from the bottom upwards and towards the depth at which it is formed; it cannot possibly be separated from the temperature minimum of the top-layer by any intermediate warmer layer. The cooling can only come from the sea surface, and the water must, as a rule, be gradually heated after it has sunk to greater depths.

Before discussing the necessary conditions for the formation of the cold bottom-water, the conditions that may be required for the existence of an intermediate warmer water-stratum, will be considered.

The Intermediate Warmer Water-Stratum underlying the East Greenland Polar Current.

It is clear that, where the underlying warmer water is not protected by an overlying water-stratum with a much lower salinity, it cannot exist for any length of time, for the cooling during the winter would make the top layer heavier than the underlying warmer water. An active vertical circulation would be thus produced, with the result that the whole bulk of water to considerable depths, would be cooled down. Where, however, the underlying warm water is protected by an overlying lighter stratum of cold Polar water, it cannot be cooled down during the winter, because the vertical circulation, caused by radiation of heat

is the ice chiefly met with by the sealers in spring, melts in regions where it may come into more direct contact with Atlantic water; but as the ice is originally formed inside the same sea-basin, the final direct effect upon the temperature of the sea, by its formation and melting will be *nil*. Indirectly it will, however, reduce the cooling of the sea, by protecting the upper layers against radiation during winter.

from the surface, will not be able to reach very deep, and break through the upper water-strata, where the salinities and densities increase too rapidly downwards. The writer found that in the North Polar Basin the vertical circulation during winter, did not reach much more than 30 metres below the water-surface. Besides the water of the upper temperature-minimum is near its freezing point and cannot become much heavier by cooling. There cannot, therefore, be any considerable vertical circulation at any time of the year. The underlying warm water-stratum can thus be cooled only by conduction of heat, which is extremely slow in water, and by intermixture with the colder overlying layers, which is also slow where the densities so rapidly decrease upwards, and where the surface is covered by ice, so that the wind cannot stir the water much.

The intermediate warm layer may thus exist for a very long time, without being much cooled, and it may, therefore, be expected everywhere under the polar current, because the density of this warmer water is between that of the light Polar water, and that of the bottom-water; it will thus easily find its way in between these two waters.

At most of Amundsen's stations east of Greenland there is hardly any similarity to the polar conditions. At some of the western stations, (especially Stats. 17, see also Stats. 18, 19, 23), there are indications of an upper temperature-minimum at about 40 or 50 metres with an underlying, somewat warmer layer; but the salinities are on the whole so high that an active vertical circulation may be produced by cooling during the winter. If, for instance, at Stat. 17, the water at 50 metres be slightly cooled, it will become heavier than the underlying warmer water at 60 metres.

The temperature-maximum at these stations, is at about 60 to 100 metres below the water-surface². Farther west, under the Polar Current, this intermediate warmer layer increases much in thickness towards the Greenland coast, while its temperature rises; — and the further west the deeper its upper boundary. The isopycnals also slope fairly steeply towards the Greenland coast (see Sections V and VI). This very characteristic feature indicates that the overlying cold Polar water-layer as well as the underlying warmer layer is in movement southwards along

¹ It is, for instance, noteworthy that in Section IV—VI, the underlying warmer water with temperature above zero, has very nearly the same extension eastward as the overlying cold water with temperature below — 1 ° C.

² At Nathorst's Station VI (N VI) Åkerblom observed a maximum of 0'19° C. at 100 metres (see Section VI, Pl. VIII).

the Greenland coast, with velocities, which are greaterst near the surface, and decreasing downwards. By the deflection caused by the Earth's rotation, both the cold and the warm water-layers of the current, being lighter than the underlying bottom-water, which has a slower motion, are pressed against the coast, and are there depressed, on to the right hand side of the current, as is always the case, where a current moves along a coast on its right hand side (cf. for instance, the Gulf Stream along the Norwegian coast and along that of Spitsbergen).

Prof. Pettersson has propounded the theory, that this warm intermediate water should come directly from the east or southeast, by "an under-current of Atlantic water, which at about 72° N. Lat, branches off from the main body of such water in the Norwegian Sea, and north of Jan Mayen flows in a north-westerly direction towards the coast of Greenland", and as evidence of the existence of this current he mentions the temperature series of Östergren taken at Kolthoff's Station II (F II)1. What has been said above makes this theory appear highly improbable. Section VII (Pl. IX) also further demonstrates its improbability. The warm water underlying the cold water at Stations N IX and N VII, cannot move northwards, for if so, it would necessarily have quite a different position². It cannot, therefore, come from the south or south-east. It seems then to be much more probable that it may come from the region of the warm intermediate water-layer at Östergren's northern Station (F I, see Sect. IX, and the maps for 100-400 metres, Pl. V). At any rate, the warm water underlying the East Greenland Polar Current must come from the Atlantic Current (Gulf Stream) running north, along the eastern margin of the deep basin of the Northern Norvegian Sea; and somewhere to the north of Ryder's, Nathorst's, Amdrup's, and Amundsen's Stations it must come from the east by a partially cyclonic movement. It seems also possible that some part of this warmer water may come along with the overlying cold current from the North Polar Basin. At Station 23 (July 1895) of the Fram-Expedition, in 84° 32' N. Lat., 73° 55' E. Long., the

Otto Pettersson, On the Influence at Ice-Melting upon Oceanic Circulation, Geographical Journal, vol. XXIV, London, 1904, p. 309.

² It might be objected that the observations at Amdrup's Station (Ap. III) are not from the same year as those of Åkerblom (at Nathorst's Stations N VII, N IX). But Ryder's Stations (R XII, R XIII, and R XIV) give exactly the same picture, which indicates that this is a characteristic feature of the current.

intermediate warm layer had a temperature about 1.18° C. at 300 and 350 metres 1.

It was already mentioned above that whereever the sea is covered with a toplayer of comparatively light Polar water, with low temperature and low salinity, there must be also expected an intermediate layer of warmer water with higher salinity between the light top layer and the heavy bottom-water; and simply because this warmer water has a density between that of the top layer and that of the bottom-water. From the adjacent warmer parts of the ocean it will therefore everywhere find its way in between the two colder waters. This characteristic feature is therefore found in the North Polar Basin, in the northern parts of the Barents Sea, in the East Greenland Polar Current, in the Baffin Bay, and also in the Antarctic Sea.

At most of Amundsen's Stations it is not found, because there is no top-layer of the typical light cold polar water, and because the sinking of the heavy surface water has given no room for this warmer intermediate water; but it is possible that it might appear, to some extent, later in the season when the heavy water has sunk to lower levels.

Melting of Ice due to underlying Warmer Water.

Prof. Otto Petterson and Hj. Östergren believe that it is the assumed warm undercurrent North of Jan Mayen which keeps the way open to the east coast of Greenland almost every summer², and Petterson also believes that these currents underlying the cold water, are on the whole of much importance in the melting of the ice of the Polar seas. Precisely how the authors think that this undercurrent could manage to keep the way open, does not, however, seem to be quite clear; is it by altering the direction of the surface current, or by melting the ice on the surface? The latter is impossible, simply because the warm undercurrent is separated from the overlying ice by a layer of

¹ Prof. Pettersson mentions as evidence going to show that the underlying varm water of the East Greenland Polar Current cannot come from the north, that Dr. Åkerblom found it to contain a very high percentage of oxygen (32.94 %). He believes that, if this under current had made "the grand circuit along Spitsbergen etc." its contents of oxygen ought to have been far more reduced. He seems to forget, however, that under the Polar Current covered by ice there is very little animal life to reduce the oxygen, and it must therefore be expected that even in the North Polar Basin the underlying warm water will always have a comparatively high percentage of oxygen.

² Op. cit. Ymer, vol. XX, 1900, Stockholm, p. 327.

cold Polar water which has a temperature-minimum at about 60 metres. No melting of the ice near the surface, worth mentioning, can be caused by conduction of heat through the water from the underlying warmer water; for in this manner, it would require about one year to melt a centimetre of ice, provided that the rise of temperature be as much as 2° C. per 100 metres from the under-surface of the ice downwards.

The melting thus caused is consequently a negligeable quantity. The heating of the overlying cold strata by the warmer under-current is to a much greater extent caused by the intermixture between the two waters. But even in this manner only an extremely slow heating can be produced, because the overlying layers are so much lighter, that the intermixture between them will proceed extremely slowly. It is, therefore, found that the temperature as well as the salinity of the cold surface layers of Polar water very slowly rise on the way southwards along the Greenland coast. And furthermore, it is found that in the East Greenland Polar Current there is, at least in the summer, a temperature-minimum at 60 to 80 metres², and this minimum would naturally soon be washed away if such an active intermixture occurred as would be necessary to cause any appreciable melting of ice near the surface, by heating from below³.

As the sea-surface is covered by icc, the wind will have little opportunity to stir the waters, and where the density rapidly increases downwards, the lighter layers will glide over the heavier ones with very little friction, and without causing vertical movements of any great extent.

At Amdrup's Station III (Ap. III), near the eastern margin of the East Greenland Polar Current, the minimum (—1.45° C.) lies somewhat higher, at about 30 metres, and there may be a more appreciable heating from below, though even here it cannot be considerable; for at 40 metres there is —1.4° C. and at 60 metres —1.05° C. The temperature of —0.05° C., and salinity of 33.10°/00 at 50 metres is of course erronous, the water-bottle has obviously been closed near the water-surface.

At Ryder's Station XII (R XII) there may also be a slight heating from below. At these Stations it is therefore possible that some slight melting might be caused by heating from the underlying warmer water.

Prof. Otto Pettersson might perhaps object that this minimum is due to melting of the lower part of the great hummocks reaching down to depths of 50 and 60 metres or more. But howsoever this may be, it is at least certain that there is much more ice nearer the surface and consequently much more melting is going on there. But in spite of this the temperature rises towards the surface during the summer, by being heated from above, to much above its freezing point; and it is, therefore, clear that the melting of ice in this water is chiefly, or almost exclusively, due to the direct heat of the sun, which melts the ice on the surface, and heats the water in which it floats. It is of course impossible that water overlying a temperature-minimum can be heated from strata underlying this minimum, for as long as this stratum with a minimum temperature exists, it must naturally have a cooling effect upon the overlying strata.

It ought also to be remembered, that if the heat required to melt, for instance, I metre of ice be taken from the water, it would cool down by I° C. the underlying water-layers to a depth of 79 metres; but this is not possible, because on the one hand the underlying layers of Polar water are too cold beforehand, and on the other hand no vertical circulation, necessary to produce such a cooling, can occur in these water-strata, where the density too rapidly decreases on rising towards the surface.

Let it, however, be assumed that the vertical circulation in the East Greenland Polar Current might reach down to 70 metres (which it however does not, as is proved by the vertical series of temperatures and salinities). Let it also be supposed that the mean temperature of this water-layer, 79 metres thick, be -1.5° C., and its mean salinity be 34.0 % of the salinity be 34 (which is too high). The freezing-point of water with this salinity is about 1.85° C. It is consequently seen that if this bulk of water be cooled down to freezing-point from -1.5° C., the quantity of heat thus consumed will melt a continuous layer of ice 0'35 metres thick. But in the summer, while the ice-melting is going on, the temperature in the East Greenland Polar Current rapidly rises towards the surface from the temperature-minimum at about 50 or 60 metres. And already by the beginning of July, the surface temperature has risen considerably, to o 9° C. (at Nathorst's Stat. NVII), to -o·1° C. (at Ryders Stat. R XII), and to -0.2° C. (at Amdrup's Stat. Ap III), whilst in the winter the water was cooled down to its freezing-point, about -1.7° C. This rise of temperature is due to the heat-wave (caused by direct radiation from the sun) penestrating downwards from above, and it shows that the melting of the ice is not able to prevent the heating of the water from above, and consequently, as long as the ice floats in the diluted cold water-layers of the Polar Current, its melting during the summer, both on its upper surface and on the under-side of the floes, must be due chiefly to this heat from above (which may either melt the ice directly, or heat the surface water in which the ice is floating), and not to heat coming from the intermediate layers of warmer water underlying the Polar Current, and against which it is well protected by the cold waters of the latter 1.

¹ It ought also to be remembered that the melting point of the Polar ice is much above the temperature of rhis polar water, which has a layer with a temperature-minimum of —1'4 to —1'9° C. The many observations made of the temperature in the ice down to depths of 1'6 metre, during the expedition across the North Polar Basin (see Norw. N. Polar Exp. 1893—1896, Scientific Results, vol. VI, pp. 545—557) show that during the polar summer, in July and August, the temperature in the ice rises to about —0'4° C. even at 1'6 metre below its surface, and this temperature is evidently near

Direct measurements of the thickness and growth of the ice, continued during the whole drift of the Fram, prove that in the North Polar Basin it is only during the late part of the summer that there might be a slight melting on the under-side of the Polar ice-floes, and this melting is due to the heat-wave from above, penetrating down through the ice, and also into the water between the ice-floes. When the top-layer of nearly fresh water, formed by the melting of snow and ice, on the upper surface of the floes, has grown so thick that it reaches down below their under-side, new ice may be formed under the latter in spite of the heat-wave; the nearly fresh water is cooled down to its freezing point and transformed into ice by contact with the underlying cold sea-water of temperatures below —1° C.

During the winter there is no appreciable melting of ice, either in the North Polar Basin, or in the East Greenland Polar Current; but much ice is formed, and the upper strata of the sea are cooled down to freezing point by radiation from the sea-surface.

Ice floating in the sea outside the boundaries of the Polar Current e. g. between Iceland and Jan Mayen, and between the latter and Spitsbergen - may, however, be melted chiefly by heat from the underlying water. But this ice is comparatively thin, and is not "Polar" ice from the North Polar Basin. It is formed during winter and spring (even as late as April) in the same sea, where it melts during summer. The writer had a good opportunity of studying the formation and melting of this ice during a cruise in the northern seas in March, April, and May 1882. Ice-masses of this kind may, to a great extent, be carried eastwards into regions where they come in more direct contact with the underlying warmer water-strata, and the melting of the ice will then be chiefly due to the heat of this warmer water. On April 9, 1882, for instance, the writer found the boundary of this "western" ice as for east as 13° 30' E. Long., in 74° 2' N. Lat.; which is in the region of the warm Atlantic Current west of Bear Island. The appearance of such ice indicates at once that it is melting chiefly at its under-side. On April 10, 1882, (in 73° 14' N. Lat. and 13° 24' E. Long.) it was 1.9° C. on the sea-surface, amongst scattered belts of melting ice, and 2.3° C. at about 40 metres

its melting-point. If such ice, with a melting-point about -0.4° C., floats in water which has, for instance, a salinity of about $32.5^{\circ}/_{00}$ and a temperature of about -1° C., the ice will melt until it has cooled down the water to its freezing-point, which is -1.77° C. (cf. M. Knudsen, Publication de Circonstance, Copenhagen 1903, No. 5, p. 13), but the melting will be very slow, and slower than if the ice had a melting point as low as the freezing point of the water in which it floats.

below the surface. On the same afternoon even 4.5° C. was observed on the surface, between belts of scattered ice. It was frequently found in this region that the surface-temperature was 1° C., or 1.5° C., or even 2° C. only short distances, less than a mile, from the edge of the pack-ice, whilst amongst the floes the temperature was near or below zero, and where there was much ice even as low as -0.6° C. On many great lanes between the floes there was, however, new ice (the socalled "bayice" of the sealers), and then the surface temperature of the water might be about -1.4 or -1.6° C., indicating that the salinity of the surfacewater was between 27.0 and 29.0 %. The temperature of the air was at this time between -5° C. and -13° C. The explanation of the low surface temperatures and new ice is, that, by the melting of the icemasses, a thin surface-layer of water with a reduced salinity is formed. This layer, having a much lower salinity than the underlying water, cannot sink by cooling; it may thus be cooled down to freezing point by radiation of heat from the surface, and new ice may be formed.

It is clear that in regions where the conditions are as above, the ice-melting process may contribute much to the cooling of the underlying sea-water; but it has of course to be remembered that these ice-masses were also formed in the western and north-western parts of the same sea, and during the process of formation an equal amount of heat was disengaged. The formation and melting of this ice will thus far have no effect upon the average temperature of this sea basin 1.

The above considerations show, that the effect which the underlying, intermediate, warmer water-layers may have upon the formation or melting of ice on the surface, must be an insignificant and negligeable quantity for all practical purposes wherever polar conditions prevail, i. e. wherever the sea is covered by a surface layer, 100 or 200 metres thick, of less saline water, and temperatures below zero or even below —1° C.2

¹ In a somewhat different way it will, however, have an effect, for though the formation of ice covered by snow during the winter will make the temperature of the air lower, it will also much reduce the vertical circulation of the underlying sea-water, which can then only be cooled by conduction of heat through the overlying ice and snow. The formation of ice will thus reduce the cooling of the sea, which is the opposite effect of that attributed to it by Prof. Pettersson.

Pettersson's assertion that ice can only exist in a shallow sea, and over the continental shelves, is directly contradictory to facts. There may be mentioned the deep North Polar Basin, where the enormous masses of polar ice are formed. But we need not go so far, the northern part of the Norwegian Sea itself is a good example. In the deep sea between Jan Mayen and Spitsbergen very great masses of ice are formed during the winter and spring, as mentioned above.

82

The "Opening" in the Ice towards the East Greenland Coast in the Region north of Jan Mayen.

Against Pettersson's and Östergren's theory must be cited the fact that in summer this opening generally occurs much north of the region where they believe that their warm under-current occurs. As a rule it is between 74° and 76° that it is most easy to reach the Greenland coast, and this is just in Amundsen's region, where there is no such warm intermediate water-layer.

It is also towards this region that the sealers steer their course every winter, in March, in order to catch young seals (Phoca Groenlandica). Great numbers of seal gather on the ice in the region north or north-east of Jan Mayen in order to bring forth their youngs at the end of March and beginning of April, and here they used to be slaughtered by Scotch and Norwegian sealers. The idea of the latter is that the seals always seek their breeding place in the central part of the great tongue of ice ("isodden") which according to their experience generally extends southeastwards or eastwards in the sea north of Jan Mayen. The situation of this tongue of ice varies much from one year to another; but on the north side of this tongue there is always, they say, a deep broad bay or bight in the ice, which they call the "bay-ice bight" ("Bay-is Bugta"). The situation of this bay varies much with that of the "tongue of ice", but its latitude may frequently be about 73, 74, or 75° N. Across it the shoals of seal coming from the north have to swim on their way to their breeding place. The sealers therefore used to sail into this "bay" in order to meat the seals, and follow them into the "tongue", and thus find the place where they gathered on the ice to breed. The sealers said that this bay was remarkable by having very cold water, and they called it the "bay-ice bight" because so much "bay-ice", (i. e. new, thin ice, which when there is a little swell, is broken up into small round discs, and is called "pancake-ice") is formed there in March and April.

This "bay-ice bight" is probably just part of the region where the bottom-water of the Norwegian Sea is formed. Here the comparatively saline sea-surface is open during a greater part of the winter; there is a considerable cooling of the water by radiation of heat directly from the sea-surface, without any intervening layer of ice, the formation of which is more or less prevented by a very active vertical circulation of the sea, penetrating to considerable depths.

The charts for 50, 100, 200, 300, and 400 metres (Pl. V) demonstrate clearly that there are special conditions in this region.

The reason why the tongue of ice, extending eastwards, is formed to the south of this region, is no doubt difficult to decide so long as no fuller investigations have been made. It may be caused by the condition of the atmosphere and the winds; the great variations from one year to another may seem to indicate that the winds are of much importance in this respect. But the following consideration may also perhaps be worthy of notice. In the region where the bottom-water is formed on the surface, there is a maximum of density, approaching 28:10 or 28:12 on the surface. The lighter surface-water of surrounding regions, especially the much lighter polar water to the west, whose density is not much increased by cooling, since it is protected by the overlying ice, will have an increased tendency to flow in this direction. But, owing to the Earth's rotation, it will be deflected towards the right, and there may thus be a tendency towards a cyclonic movement round this maximum of density, by which movement the ice would be carried southeast- or eastwards south of it.

In the atmosphere there may also be a tendency towards a similar cyclonic movement, for there will be a tendency towards a barometric minimum over this cold but more or less open sea where the air is heated by contact with the water-surface, whilst it will be much colder over the adjacent fields of snow-covered ice.

Why the seals especially choose this tongue of ice for their breeding place, is a difficult question. It may be mentioned that this seal is a very social animal, generally found in great shoals; it will naturally choose for its breeding place ice-masses, where the hundreds of thousands do not risk being too much disturbed by the breaking up and scattering of the ice. On the other hand the seal wants flat, and not too thick ice to lie on, where it is easy to get up and down from the floes. The Greenland seal does not therefore like the old humocky Polar ice with high edges, but generally seeks ice which is only a few feet thick, i. e. such as is formed in the Norwegian Sea. There should not be much risk of the ice freezing together to form a solid ice-field; for, if this should happen, the seal could not get into the water. This does not happen as a rule on this tongue of ice, where there is sufficient movement to break the floes if they should freeze together. It nevertheless sometimes happens that the whole ice-mass does freeze solid, to the great misfortune of the seals, which are then easily killed. It may also be mentioned that the great natural enemy of the seal, before it met with Man, was the bear; and there is less risk of meeting this enemy on the thinner ice in the outskists of the great ice-masses, than in the interior regions; but nevertheless there are, as a rule, many bears present even here during the breeding season.

VI. The Formation of the Bottom-Water of the Norwegian Sea.

It is evident that the conditions required for the formation of the bottom-water of the Norwegian Sea, are that there shall be near its surface, water of salinity about 34.90 %, which by radiation of heat during the winter, may be cooled down to temperatures about —1.3 and —1.4° C.; thus it may obtain a density of between 28.11 and 28.13 or still higher, and become sufficiently heavy to sink.

It is only in places where Atlantic water has become somewhat mixed with Artic water that there can exist conditions allowing of the production of water of salinity about 34.90 0/001, and of a temperature sufficiently low for the quantity of heat contained in the water, at the surface as well as in the underlying strata, to be no greater than can be gradually given off by radiation from the surface, and the whole bulk of water as a consequence cooled to below -1.2° C. during the winter and spring. It is necessary that there be no very rapid horizontal circulation, to bring in new supplies of warmer water. Such conditions are found in the northern Norwegian Sea, between Jan Mayen and Spitsbergen near the outer boundary of the East Greenland Polar Current, in the region of Amundsen's Stations 13-23, and towards the northeast in the region of Mohn's Stations 302 and 3032. It was pointed out above that at the end of the winter there is in this region a maximum of density, and it is probably the centre of a great cyclonic movement of the northern Norwegian Sea. West and north of this region, inside the polar current, the underlying warm water is protected against cooling, as was mentioned above, by ice and the overlying layer of cold but much lighter Polar water. East of this region are the waters of the warm Atlantic Current (Gulf Stream) of high salinity but holding

¹ If the salinity of the surface-water is below 34.90 °/00 at the beginning of the winter, the formation of ice may increase it appreciably, as it does in the Barents Sea (see above p. 31); and besides, by vertical circulation there will result an intermixture between the waters of the upper strata, and the surface salinity be raised.

² In the sea between Jan Mayen and Iceland there may possibly be similar conditions during the winter, as seems to be indicated by the observations at Ryders Stations II and III (see above Chapt. V), in June, 1891.

too great a quantity of heat and having too rapid horizontal circulation to make it possible for the whole bulk of water to be cooled sufficiently by radiation to attain a density as high as that of the underlying bottom-water. No bottom-water can therefore, as a rule, be formed in these regions, and the same is also the case in the regions towards the south

It is of interest to examine what may probably occur during the winter at a place like Amundsen's Station 14, which is the place where the bottom-water was found nearest the surface. The surface-water with a salinity of 34'39 0 / ∞ would be soon cooled down below -1.5° C. (its freezing point is at -1.875° C.) and become heavier than the underlying water. It would sink and be replaced by somewhat warmer water with higher salinity. But this new surface-water will be cooled down in its turn till it becomes heavier than the previous surface water; it will sink still deeper and be replaced by warmer water with a still higher salinity from below 1. In this manner the salinity of the uppermost strata will be continually raised and approach that of the bottom-water (about 34.0 0/∞); the depth of the vertical circulation will increase until it becomes operative through the upper lighter strata and reaches down into the typical bottom-water. All strata, from the surface downwards, will then have attained a nearly uniform temperature, salinity, and density? After this the cooling at the surface will produce such heavy water that it may sink far down into the bottom-water and even to the bottom itself.

As the water which is to form the deepest and coldest layers of the bottom-water has to sink down through all intermediate layers, it must be expected that the temperature of this bottom-water, when first formed at the surface and before beginning to sink, is lower than the lowest temperatures observed near the bottom. It must be remembered that the temperature of the water cannot but rise slightly during the sinking, for it has to pass through strata with slightly higher temperatures, with which it will be more or less intermixed, and the

¹ If ice be formed on the sea-surface, the salinity will be more rapidly increased; but if this ice remain, and form a continuous cover gradually growing in thickness, the cooling of the underlying water will be restrained considerably (see above p. 81).

² The writer has observed that a layer with an almost uniform temperature and salinity is formed in this manner down to 20 and 25 metres in the North Polar Basin; during the winter; but there, the vertical circulation cannot reach deeper, during one winter, owing to the rapid rise of salinity downwards. (Cf. Nansen, Oceanography of N. P. Basin).

temperature will also further be slightly raised by compression, at the greater depths.

It must consequently be expected that fairly uniform low temperatures of about or below -1.3° C., will be found in the region where the coldest bottom-water arises and while its formation is going on. This is to some extent the case at Amundsen's Stations, especially those of them which were taken first in the season. But it seems to have been still more the case at Mohn's Station 302, where the following temperatures were observed:

Depth Temperature Depth Temperature Depth Temperatur — 1.3° С. 3.0° C. — 1.0° C. o metres 55 metres 183 metres -1'4 , -1'48 , 2 18 3.0 —ı.ı 366 73 37 0,0 91 -- ı ·o 3630

Mohn's Station 302, July 19, 1878.

The three latter of these observations (at 183, 366, and 3630 metres) were taken with a Negretti and Zambra reversing thermometer, and may therefore be expected to be fairly trustworthy, although probably somewhat too low, like most Mohn's temperatures for the deep strata of the Norwegian Sea.

Both Amundsen's and Mohn's observations were, however, taken some months after the cooling at the surface hade ceased; and consequently it cannot be expected that the original conditions would be found still existing; for it is clear that the heavy water produced by the cooling,

The fact that the surface-salinities in the region of Amundsen's Stations 13—23 were rapidly decreased during the months of June and July, 1901, (as is proved by Amundsen's numerous observations as well as by those of the Capella, see above p. 15) indicate that earlier in the spring the surface salinities had probably been still higher, and must then have been at least very near 34'9°|00. After the above was written, however, Helland-Hansen and the present writer, for their memoir on the Norwegian Sea have examined several series of surface observations taken in the years 1901—1904, by several Captains of Norwegian sealing vessels, and it was found that in March, April, and even May, the surface salinity is always, without exception, very high in the very region of Amundsen's Stations. It is as a rule about 34'9°|00, whilst the temperature is very low, generally near the freezing point of the sea-water (—1'9° C.). This is conclusive evidence that the above explanation of the origin of the bottom-water of the Norwegian Sea is correct (see B. Helland-Hansen and F. Nansen, Report on Norw. Fishery and Marine Investigations, vol. II, No. 2).

² This temperature was observed with the Negretti and Zambra reversing thermometer. Two observations were also made at the same depth with two other less trustworthy thermometers (one Miller-Casella and one Casella-Buchanan) which gave very improbable values.

must sink deeper and deeper, gradually to approach a position of equilibrium, whilst near the surface the heavy water will be replaced by lighter water coming in laterally.

Summary. The process according to which the heavy bottom water is formed must consequently be the following: the heavy surface water cooled down to a density greater than 28·10 must sink, but as long as the surface cooling continues, new heavy water is continuously formed to replace it and sink in its turn. The water probably does not sink in vertical direction, but spreads out laterally, and finds its way in under the lighter cold water of the Polar Current towards the west and north, as also in under the lighter warmer water of the Atlantic Current towards east and south.

Warm water runs in everywhere under the cold toplayer of the Polar Current where-ever there is a chance, and forms the intermediate warmer layer between the cold polar water and the underlying bottom-water, having a density just between those of these two waters. But the intermediate warm water-layer is kept out in the above region whilst the formation of bottom-water is going on near the surface because this sinking water is heavier, at all depths from the surface downwards. There is consequently no room for the warm intermediate water to run in, and it would have to rise to the surface, where however, it will be cooled down and transformed into cold bottom-water.

As soon as the cooling at the surface ceases in April and May, no more cold water is formed to replace that which sinks, and lighter water will consequently be found in its place near the surface. The later the date of observation in the warm season, the deeper will therefore the isotherms of -1° C. and $-1^{\circ}2^{\circ}$ C. and the isopycnal of 28·10 probably be found. For it is clear that conditions like those seen e. g. in Section IX (Pl. X), at Amundsen's Stations 20, 21, and 13, cannot be stable, and they cannot last long unless there is some external source of continuous renewal; the isopycnal of 28·10 is too steeply inclined towards both sides. This heavy water must evidently sink to greater depths and spread out towards the sides, in endeavouring to attain a position of equilibrium. The sinking of the isopycnal towards a position of equilibrium will continue during summer, and autumn until the cooling at the surface during the winter has again reestablished the former conditions 1 .

¹ Prof. O. Pettersson (op. cit.) believes that the bottom-water of the Norwegian Sea is Polar water coming from the North Polar Basin with the East Greenland Polar Current, but its low temperature and comparatively high salinity prove that this is impossible. Besides, if the cold heavy water at Amundsen's Stations where actually moving southwards from the North Polar Basin it would be extremely difficult to ex-

It must consequently be expected that great alterations in salinity and temperature will take place at the surface in this region from summer to winter, and temperatures during the winter and spring will be found to be very low.

In the winter and spring of 1882, when the writer visited the sea between Jan Mayen, Spitsbergen, and Bear Island, the ice masses extended unusually far towards the east. The following temperature-series were taken, (with a Negretti and Zambra Reversing Thermometer) near or inside the margin of the floating ice-masses.

Depth in March 281 April 5 April 10 April 24 1 March 28 74° 8′ N. Lat. 10° 30′ 74° 55′ N. Lat. 4° 53′ 73° 4′ N. Lat. 73° 10' N. Lat. 7 hours Norwelater 2 Metres E. Long. E. Long. E. Long. E. Long. gian Fathoms −о.1₀ С —8° С. -6° C. Air Air -1.4° C. o — т.6 С. — 1.⁷° С. 1.8° C. ·-ı.ę " — 1°4 " **-1.**4 19 10 38 —ı.ģ 20 57 30 —ı.з " -1.4 75 40 94 50 —т^о, — 1·7 113 60 0,3 80 0'4 188 100 1.7

Series of Water-Temperatures taken, in March and April, 1882.

The water-samples taken at these stations, and brought home in sealed glass-tubes for chemical research, got lost in the laboratory where they were going to be examined, and their salinities were thus unfortunately never determined.

The Station on March 28, 1882, was taken about 8 naut. miles south of Mohn's Stat. 304 where the following temperatures were found on July 20, 1878, at about the same depths:

plain why this water is not deflected more towards the Greenland coast by the Earth's rotation; and how it is possible for an intermediate layer of warm water, moving southwards, to occur between this heavy water and the coast. It would be necessary to assume that this intermediate warm water had made the circuit of the North Polar Basin, north of the region from which the cold heavy water comes.

¹ Professor Mohn gives the temperature series of these two stations in his memoir on the Norwegian Sea (op. cit. p. 95) but he has reduced the temperatures by $-o^{\circ} C$. It is probable however, that the above values are more accurate. He has also altered the reading for 20 fathoms on April 24, 1882, to — instead of + (and gives $-2^{\circ} C$).

² An ice-crust was then being formed at the water-surface.

| Depth | Mohn July 20, 1878 | Nansen March 28, 1882 | Difference | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|--|--|--|
| o metres 18 " 37 " 55 " 73 " 91 " | 3.6° C. 1.8 " -0.9 " -0.4 " -0.5 " | -1.6° C1.4 " -1.6 " -1.1 " -1.0 " | -5.2° C. -3.2 " -0.4 " [-0.7 "] -0.5 " | | | |
| Mean | 0'45 " | -1.53 " | — 1.68 " | | | |

The Station of April 5, 1882, was about 22 kilometres west of Dr. Hjorts Station 64 of Sept. 6, 1900 (the Michael Sars). Hjort's salinities, at this place, varied between $35^{\circ}02^{\circ}0/\infty$, at the surface and 20 metres, and $35^{\circ}10^{\circ}0/\infty$ at 100 metres.

His temperatures were the following:

| De | pth | Hjort Sept. 6, 1900 | Nansen April 5, 1882 | Difference |
|----------------------------------|----------------|--|-------------------------------------|--|
| 0 20 40 60 80 100 | metres " " " " | 4.8° C. 4.79 " 3.35 " 3.25 " [3.0 "] 2.90 " | -1'7° C1'7 " -1'7 " [-1'7 "] -1'7 " | -6.5° C. -6.5 " -5.05 " -4.95 " -4.7 " -4.6 " |
| | Mean | 3.68 " | —ı.3 " | -5.38 " |

Hjort's Station 64 was taken near the time of temperature maximum for de upper water-strata, and 48 days later in the season than Mohn's Station 304. It is, therefore, natural that there should be a greater difference between his summer- and the writer's winter temperatures. But the difference is still too great to be explained simply by cooling during the winter; there has in addition probably been some great displacement of the cold surface waters towards the east during the winter and spring of 1882, since the ice was met with much farther east than is generally the case. Whether "Bottom-Water" actually was being formed at the surface at my Station of April 5, 1882, cannot be decided as the salinity is unknown; it is indeed not impossible but it seems more probable that the low temperatures down to 94 metres belonged to a layer of less saline water, and that higher temperatures would have been met with in the water underlying.

But howsoever this may be the above vertical temperature series which are also the only ones existant from this region of the sea for winter and early spring, indicate what great amplitudes may occur there in the upper water-strata, between summer-maximum and winter-minimum.

They also demonstrate what great changes may take place in the watermasses of these regions in the winter, and it furthermore seems probable that the position and extension of the area of formation for cold "Bottom-Water" may differ much in different years.

Temperature and Circulation in the Bottom-Water of the Norwegian Sea.

As no agencies exist which can lower the temperature of water at the bottom after it has once sunk below the sea-surface, whilst on the ather hand the internal heat of the Earth will raise its temperature very slowly after it has reached the bottom¹, the lowest temperatures of the bottom-water will be most likely found near the region where it is formed; and this seems also to be the case actually.

In the southern part of the Norwegian Sea, between Norway, Iceland, and Jan Mayen, the temperature near the bottom, at depths of 2000 and 3000 metres, is about -1.1° C. according to the observations made during the cruise of the "Michael Sars" in 1900. In the sea between Iceland and Jan Mayen and east of Iceland, the Ingolf Expedition found bottomtemperatures of about -1.0° C. and -1.1° C. at depths between 1800 and 2500 metres². At Station 18 of the Michael Sars, in 1900, between Iceland and Jan Mayen, the bottom temperature was -0.94° C. At Dr. Hjort's Stations 64 and 65 (in September 1900) west and southwest of Bear Island, the bottom-temperatures seem to have been about the same, or perhaps slightly lower³. At Amundsen's Stations 15, 16, 20, and 23, where the observations go down to 2000 metres, the temperatures were lower, about -1.3° C. (according to the observations taken with the most trustworthy instrument, Richter Reversing Thermometer No. 113) and the probability is that similar temperatures would have been found near the bottom4. It is therefore evident that the temperature of the bottom-water is appreciably lower at all depths

¹ Cf. Nansen, Oceanography of N. P. Basin, pp. 341 et seq.

² See M. Knudsen, Hydrography, *The Danish Ingolf-Expedition*, vol. 1, No. 2, Copenhagen 1899.

³ The temperatures were taken with the Pettersson-Nansen Insulated Water-Bottle, and cannot be corrected sufficiently accurately.

⁴ Prof. Otto Pettersson believes (op. cit. Geogr. Journal, vol. XXIV, p. 317) that the present writer's assumption of a temperature for the deep of the northern Norwegian Sea of "probably about -1'3° C. or -1'4° C." rests upon Mohn's deep soundings in 1878, and is therefore uncertain. As is seen above, this is a mistake, the assumption in question rests upon Amundsen's observations, which are also the most trustworthy hitherto published from this region.

in this region, than in any other part of the Norwegian Sea, hitherto investigated with modern instruments 1.

The circulation of the bottom water in the Norwegian Sea cannot be described in detail. As was pointed out above, it is chiefly formed and sinks towards the bottom during the winter and spring in the regions between 73° and 76° N. Lat., and between 4° W. Long. and 4° E. Long. From this region it moves along the bottom and spreads out laterally producing perhaps several cyclonic movements in the deep strata of the Norwegian Sea. During this circulation it is very slowly heated from the underlying warmer bottom, and also slightly from the overlying warmer water, chiefly by convection. In this manner its temperature near the bottom is gradually raised from about -1.3° C. to about -1.1° C. and perhaps -1.0° C.

It seems hardly probable that the bottom-water flows directly southwards by a single cyclonic movement, from the region of its formation along the western slope of the deep basin towards the Færoe-Iceland Ridge, thence eastwards along its northern sope, and northwards again along the eastern slope op the basin. For if it be assumed that a layer of bottom-water, about 500 metres thick, has been heated as much as 0.1° C., by the subterranean heat of the Earth, on its way from 73° N. Lat. to 64° N. Lat., north of the Færoe Islands it means that the water has spent perhaps 50 years on this distance, or in other words that it has moved with an average velocity of about 0.64 mm. pr. second.

¹ At Ryders Station X a temperature of —1'3° C. was observed at 1830 metres (1000 fathoms). At his Stat. IX the observations gave —1'2° C. as being the temperature of the bottom-water below 1130 metres (600 fathoms).

Previous expeditions have on the whole obtained very low temperatures for the bottom-waters of the Norwegian Sea. This is, for instance, the case with the Norwegian North Atlantic Expedition, whose bottom-temperatures seem to be on the whole one or two tenths of a degree too low; and in some cases even more, e.g. at Stat. 302, where Mohn gives a bottom-temperature of -1.7° C., whilst his Negretti and Zambra reversing thermometer gave - 1.48° C. which is more probable, although perhaps even that is somewhat too low. But Mohn's numerous bottom-temperatures show a marked tendency to sink towards the region of his Stations 302 and 303, and of Amundsen's Stations (see Mohn, op. cit. Pl. XXV). Mohn has, however, had a theory that the bottom-temperatures should be especially low below the East Greenland Polar Current, and he drew his bottom isotherms accordingly, which has lead to a somewhat misleading picture. E. g. bottom-temperatures as low as -1'4° and -1'5° C. do certainly not exist in the sea between Jan Mayen and Iceland. The bottom-temperature there is about -1° C. according to the Ingolf Expedition, and -0.94° C. at Stat. 18 of the "Michael Sars" (Aug. 1900) further west, and at Stat. 19 nearer Jan Mayen it was -0'88° C. at 1300 metres. Ryder found the temperature near the bottom at his Stations II and III (between Iceland and Jan Mayen) to be -1'0° C., and -1'1° C. at Stat. IV, at a depth of 1830 metres.

This is an extremely slow movement; and inasmuch as no appreciable difference has been observed between the bottom-temperatures on the eastern and western sides of the deep basin to the south of the latitude of Jan Mayen, it seems probable that the bottom-waters really move with much greater velocities and that the movements of the water are much more complicated. There may be several vortices of cyclonic or anticyclonic movement near the bottom, perhaps one in the southern part of the Norwegian Sea, south of 70° N. Lat., and one or more in its northern part, between Jan Mayen, Spitsbergen, and Greenland.

Renewal of the Bottom Water of the Norwegian Sea.

It might seem somewhat astonishing that the great bulk of bottomwater, filling at least two thirds of the whole basin of the Norwegian Sea, should originate from such a small area as that above indicated; but the actual renewal of the cold bottom-water in this basin must be an extremely slow process. The Bottom-Water does not extend across the ridge anywhere between Iceland and Norway, as is easily seen by examining the temperature on the Iceland-Færoe-Scotland Ridge, which is nowhere below zero. This is fully proved by the numerous soundings taken by the Danish, Scottish, and Norwegian expeditions during the last five years. It is also very improbable that any bottom-water with a temperature below —1° C. ever gets across the ridge between Iceland and Greenland. No Stations taken by the Danes, or during the expedition with the "Michael Sars", in 1900, indicate any very cold water near the bottom in this region.

Capt. Ryder took one souding (Stat. XXVIII, Aug. 1892), between Iceland and Greenland, in 67° 19′ N. Lat. and 25° 3′ W. Long., which is north of the ridge, and he found at a depth of 1280 metres (700 fathoms) a bottom temperature of —0.6° C.

During the Danish *Ingolf-Expedition*, in 1895 and 1896, a great many Stations were taken in the sea between Iceland and Greenland, but most of them were on the southern side of the Iceland-Greenland Ridge, and gave comparatively high bottom-temperatures, above 1° C. with the exception of Stat. 12 (in 64° 38′ N. Lat., 32° 37′ W. Long.) where the bottom-temperature was 0'3° C. at a depth of 1958 metres which would seem to indicate that in this region there may have been some southward outflow of cold bottom-water across the ridge to the north. Stat. 15 was on the ridge, at 66° 18′ N. Lat., 25° 59′ W. Long., and gave a bottom-temperature of -0.75° C. at 621 metres, the lowest bottom-temperature observed in

this region. During the cruise with the "Michael Sars", in 1900, a series of temperatures (Stat. 13, Aug. 3, 1900) was taken to the north of this Station, in 66° 42′ N. Lat., 26° 40′ W. Long., and a temperature of 0.14° C. at the bottom in 550 metres found.

North of Iceland the Ingolf expedition found a bottom-temperature of -0.8 C. at Stat. 125 in 66° 8′ N. Lat., 16° 2′ W. Long.; depth 1373 metres 1.

Near the Greenland coast, in Denmark Strait, Axel Hamberg observed in 1883 nothing but warm water under the Polar Current, and the temperature was about 3° C. near the bottom 2. It is thus seen that at no place hitherto examined, does bottom-water with a temperature below - 0.8° C. exists on or near the Iceland-Greenland Ridge, while on the Iceland-Færoe-Scotland Ridge the bottom-temperatures are even much higher. There is therefore hardly any possibility that bottomwater with a temperature below -0.8° C., or perhaps even o° C., can get out of the Norwegian Sea and southwards. It is necessary to assume that the bottom-water circulates in the deep basin of this sea, until it shall have become warmed up towards zero chiefly by intermixture with the overlying warmer water; it may then be carried out, chiefly across the ridge in the Denmark Strait, under the polar current. But no great quantity can be carried out of the basin, and it is at once obvious that the renewal of the Bottom-Water of the Norwegian Sea in this way must be an extremely slow process. The quantity of cold water formed at the surface and sinking to the bottom during the winter, in Amundsen's region, between Jan Mayen and Spitsbergen, may therefore be expected to be amply sufficient to feed this circulation.

¹ During the cruises of the "Fylla", of the Danish Navy, in the summers of 1877 and and 1878, several series of deep-sea temperatures were taken in the sea west and north-west of Iceland. (See Hoffmeyer, Geografisk Tidsskrift, Copenhagen, vol. II, 1878, p. 97, and Bardenfleth, ibid., vol. III, 1879, p. 46). The thermometers used have, however, evidently given too low temperatures. In 66° 25′ N. Lat. and 25° 50′ W. Long. a bottom-temperature of --1·1° C. was observed at 650 metres (1878), and in 67° 40′ N. Lat., 22° 23′ W. Long., the bottom-temperature at 660 metres was determined as -1.6° C. which is an improbable value.

Axel Hamberg, Bihang till K. Svenska Vet. Akad. Handlingar, vol. IX, No. 16 Shockholm, 1884, p. 13.

VII. The Bottom-Water of the North Polar Basin.

In the North Polar Basin the bottom-water has a minimum temperature of between -0.8° C. and -0.9° C. according to the observations made during the drift of the "Fram". The salinity should, according to the deter-

1 Professor Otto Pettesson (Geograph. Journal, London, vol. XXIV, 1904, pp. 317-318) appears to be somewhat doubtful as to the accuracy of the temperature determinations taken on the "Fram", and he even says that it is just as "possible that the temperature and salinity (of the bottom-water of the North Polar Basin) are lower than in the adjacent part of the Norwegian Sea as that they are higher". It is not quite clear how Pettersson can have got this idea. It was pointed out, in the Memoir on the Oceanography of the North Polar Basin, that the determinations of specific gravity (and salinity) are not as accurate as would have been desirable; this is to be ascribed to the inherent defects, of the methods then generally in use. But, as will be mentioned latter, there is no possibility whatever that the salinity of the bottom-water of the North Polar Basin, is lower than that of the Norwegian Sea. The inaccuracies of the determinations of specific gravity, when treated in the way employed helow, are not greater than, for instance, the inaccuracies of the salinities which Pettersson has published in the series of observations from Arrhenius's Stations in 1896, and the Stations of Kolthoff's expedition with the Frithjof, in 1900; the values obtained, inasmuch as none of them are accurate, are so far fairly comparable. The only observations of salinities, hitherto published from the northern part of the Norwegian Sea, to give a considerably higher order of accuracy, are those of Amundsen in 1901; and the observations of Dr. Hjort, on the "Michael Sars", east of Bear Island and Spitsbergen in 1900 and 1901.

As to the temperatures observed in the North Polar Basin even they are not as accurate as they ought to be, but they are at any rate much more accurate than, for instance, those published from Arrhenius's Stations in 1896 and Kolthoff's Stations in 1900 (where there are evident errors exceeding 0.5° C., or at some of Arrhenius's Stations even more than 1° C.). The errors in the final (op. cit., pp. 244-256) temperature values of the bottom-water in the North Polar Basin cannot, at any rate for the series from the summer-months, be more than ± o'1° C. but are probably in most cases much less, as is proved by the conformity between the observations at different depths and at different Stations. Pettersson does not apparently approve of the use of "probable corrections". It would certainly be a great advantage if the zero-corrections of the instruments used could be accurately determined before and after each series of observations, but this could not be done during the Fram-expedition, as there was no pure snow or ice available for it; and then there is no other course to follow than to use "probable" corrections, if any probable results at all are to be obtained. Prof. Pettersson mentions (loc. cit. p. 317) as an example to prove the probable inaccuracy of our temperaturedeterminations Dr. Blessing's observation from 1900 metres at Stat. 24, on Dec. 2, 1995, where the reading was -0.65° C. (Oceanography of N. P. Basin, p. 131). Pettersson thinks that according to the very careful and complete information given in the Memoir about the thermometer used (Negretti and Zambra Reversing Thermometer No. 75,680) it must be regarded as uncertain whether this reading should after correction, indicate a temperature of -1.05° C., or -0.77° C., or -0.71° C., or -0.65° C. As it is important to know whether Pettersson's doubt is justified, and just how far these observations are trustworthy, it is worth while making the following remarks here, whilst at the minations, be about 35.1 % (computed by means of Knudsen's tables, see below). This water is consequently different from the bottom-water of the Norwegian Sea, if these determinations be correct. For this reason it was assumed by the writer that there could be no open communication between the deep basin of the North Polar Sea and that of the Norwegian Sea; otherwise the heavy bottom-water would flow into the latter.

same time referring the reader to the original Memoir now in question (Oceanography of N. P. Basin, pp. 40-58, 237-242).

The instrument used (N. & Z. No. 75,680) had a correction of + 0.07° C. in May 1893, and of ± 0.00° C. in March 1898. The diminution of the correction is evidently due to the secular contraction of the glass, and it may consequently be expected that the actual error of the instrument had been somewhere between these limits during the expedition if the thermometer had not been lying, when out of use, in a room with low temperature. By comparison with another thermometer (N. & Z. No. 75,684, the zero-corrections of which were determined in May 1893, in October 1900, as well as by numerious comparisons with other thermometers during the expedition) it was found, however, that the correction was -0.06° C. on July 29, 1895, and this was accepted as the probable one for that year, although in reality it might possibly have been anywhere between this and ± 0'00° C. But the inaccuracy thus arising cannot consequently amount to many hundreths of a degree and the correction will on the whole tend to give a too low temperature. On February 5, 1896, Dr. Blessing determined the zerocorrection of this instrument to be -o'4° C, but as he himself says (see Oceanography etc., p. 58, foot-note) the method used for the determination cannot have been trustworthy. The method employed is described in the Memoir (p. 238); as is there pointed out it must inevitably have given a minus-corrections at least 0'28° C. too big, and thus the zero-correction found by Blessing on February 5, 1896, cannot at any rate have been greater than -0'12° C. But as Blessing himself says the determination cannot have been trustworthy, because he had to "keep the thermometer in his hand" while it was being reversed, (and consequently had to lift it out of the melting hoar-frost into the warm air before reversing); the real error was therefore less, and therefore approaching the error actually assumed. It is a well-known fact that if the zero-point determination be not very carefully done, a much too great minus-correction is generally obtained. Pettersson's assumption that the zero-correction of -o'4° C. found by Blessing may have been correct, is consequently very improbable. There is, however, another circumstance, which might tend to make the temperature-readings too low, in cases like that mentioned by Pettersson, viz. that the temperature of the air on the day in question was low, -40° C.; but this, the only possible cause of an appreciable inaccuracy, is not mentioned by Pettersson. If the thermometer, after coming up from the water, had had time to assume the airtemperature before the reading was taken, its indication would have to be corrected by about + 0.55° C. The thermometer was, however, as a rule kept below the water-surface, until convenient for taking the reading, it was then hauled up and read off as soon as possible; but as this had to be done with a lens, and during the dark winter (as on the above Occasion) by the light of a lantern, it might take some time; thus the broken off mercury might have been somewhat cooled in the air, and accordingly have given too low indications. In making the corrections, however, it was assumed that the thermometer had only been cooled down to the temperature of the upper water-strata, and in the case mentioned by Pettersson the reading was therefore reduced by -o'o4° C. and a temperature of -0'69° C. thus obtained for 1900 metres on Dec. 2, 1895. Consequently the real temperature cannot have been lower than this value, provided that the thermometer was correctly read off, but there is a possibility or even a probability that it may have been somewhat higher. As already pointed out, the deep-sea temperatures taken with the reIf it be assumed that the true salinity be only 35.00 $^{\circ}$ 00 its density (σ_t) at -0.9° C. would be about 28.17, and if the salinity be 35.10 $^{\circ}$ 00 the density would be 28.25. At that time it therefore seemed necessary to assume that this particular bottom-water was from the intermediate warmer strata (between 250 and 700 metres) which had been cooled down to its lower temperatures somewhere in the still unknown parts of the North Polar Basin itself. But this sea is covered by a layer, at least 200 metres thick, of lighter cold water of very low salinity, decreasing upwards from about 34.7 $^{\circ}$ 000, at 200 metres, towards 30 $^{\circ}$ 000 or 32 $^{\circ}$ 000 at the surface. It seemed therefore hardly probable that water with a salinity of abouth 35 $^{\circ}$ 000, could occur near the surface anywhere inside the area of this sea 1 . It was therefore thought that the only way in

versing thermometers on cold winter-days may have a tendency to be too low; and the series of temperatures taken during the summer, on days when the temperature of the air was very nearly the same as that of the water, are therefore the more trustworthy. The final values of these series, given in the Memoir pp. 244—256, may be expected to have a fairly high degree of accuracy, at least as compared with those of most other expeditions. The writer thinks that especially the series of temperature taken in June and August, 1894, and those taken in July, 1895, are very good. As the conditions are so extremely uniform, especially in the deep layers of this basin, as proved by all the observations, these series give very reliable information about the vertical distribution of temperature in the bottom-water of that sea, and as it is known that the density of this bottom-water must be very nearly uniform at the same levels throughout the whole basin, there cannot possibly be much difference in the temperature of the deep layers in any other part of it; unless it be assumed that the salinity also differs much which is highly improbable.

It must therefore be assumed that hardly anywhere in the North Polar Basin can the minimum temperature of the bottom-water be much below —o'9° C.

In the connection a temperature reading of -1'14°, on October 27, 1894, for 2500 metres may be mentioned here. Corrected by the instrumental error and error by cooling in water (-0.04, see l. c. pp. 241-242), this reading would give a temperature of -1'18° C., which is, however, an impossible value since a temperature of -0'84° C. at 3000 metres was observed on the same occasion, it would give the water a too high density, and would make it sink rapidly to the bottom, unless it be also assumed that just at this one depth the water happened to have been of a salinity much lower than that of the bottom-water as found at all other Stations in the Polar Basin; which is hardly possible. The air-temperature on that day was -33° C., with a wind of 3 metres per second; and it is clear that the termometer has been exposed too long to the air before being read off; the broken off mercury was cooled down some twenty degrees to that the correct temperature must have been between -o'8 and -o'9° C. If the mercury had had time to assume the air temperature, the reading corrected for instrumental error should have been reduced by + o'45° C. which would have indicated a temperature of -0.73° C., and that is evidently too high. (In the footnote about this temperature-reading, op. cit., p. 252, there is a mistake, the reading being stated to be -1'24° C., instead of -1'14° C.).

¹ The only possibility would be that north of Spitsbergen and north of Novaya Zemlya, the vertical circulation during the winter, might give the surface water a comparatively high salinity (see later).

which the bottom-water could be cooled down to -0.8° C, and -0.0° C. would be by contact with the overlying cold water-stratum. But along the "Fram's" route the cold bottom-water was separated from the cold top-layer by an intermediate warmer layer 600 or 700 metres thick, where the temperatures were above zero. It seemed very difficult to understand that in the still unknown parts of the basin there could be such entirely different conditions, that the whole bulk of thick warm water could be cooled down to -0.8° C, merely by contact with the overlying layer of cold Polar water, and that in this unknown region, the temperature would, from the surface to the bottom, at all depths be below -0.8 C. This cooling could not, to any great extent, be caused by intermixture with the overlying less saline strata, for the salinity would be thus too much reduced. It seemed extremely difficult to conceive, that such a great bulk of water, so well protected against cooling by direct radiation from the surface, by an overlying lighter waterstratum, could be so much cooled down chiefly by convection. It would seem to require a quite unreasonable length of time.

Nevertheless no other explanation was apparent 1; since the salinity, as also the temperature, was too high to make it seem likely that this bottom-water could have come from the Norwegian Sea. But the more it is considered the greater appears the difficulty in understanding how the bottom-water of the North Polar Basin can actually be cooled down to —0.8° C. and —0.9° C. while under a thick protecting cover of lighter cold Polar water; it seems utterly impossible 2. If, therefore, there be any possibility, in spite of the determinations, that the salinity of the bottom-water is as low as about 34.93 % it would be a much simpler and more probable explanation to assume that the bottom-water of the North Polar Basin, is formed in the same region as the bottom-water of the Norwegian Sea; further, that it flows thence into the North Polar Basin, underneath the intermediate warmer layer, just as it flows along the bottom southward into the southern part of the Norwegian Sea, and is slowly heated on the way by the subterraneau heat of the Earth as well

¹ Oceanography of N. P. Basin, pp. 337 et seq.

² Prof. Pettersson (Geogr. Journ. vol. XXIV, pp. 318, 320) has adopted the writer's previous theory that the cold bottom-water of the North Polar Basin is originally water of the intermediate warmer layer which has been cooled down to a lower temperatures; and he thinks that this cooling might be effected by melting of ice. Even if the ice did melt in the North Polar Basin in the manner assumed by Pettersson, which it does not (the ice is there always growing thicker from one year to another), his theory is impossible because there are no ice-bergs in the North Polar Basin, and the polar ice is much too thin to reach down into the warmer water-strata underlying the thick layer of lighter Polar water.

as by intermixture with the overlying warmer layers. The probability would then be that there is some kind of communication between the deep basins of the Norwegian Sea and the North Polar Sea; and that there can be no high ridge between Spitsbergen and Greenland as the writer assumed in the Memoir cited.

This ridge, if it exists, must in that case be very low, rising perhaps to depths where the bottom-water of the Northern Norwegian Sea, between Spitsbergen and northern Greenland, has a temperature of about —1° C. This low ridge would then prevent the coldest bottom-water of the deepest basin in the Norwegian Sea from running into the North Polar Basin. It has, however, been seen that the bottom-water is probably heated from about —1·3° C. to about —1·1° C. on its way from 74° N. Lat. to the southern part of the Norwegian Sea. And a similar heating must be considered likely on the much longer way through the North Polar Basin, which must be considered as like a great fjord, where movement of the deep water is extremely slow. The higher temperature is, therefore, no hindance in the way of assuming that the bottom-water of the latter is the same as that of the Norwegian Sea. It is only the higher salinity which seems to stand in the way of accepting the above explanation.

The writer has, therefore, again examined whether there is no possibility that the values of salinity in the North Polar Basin, as given in the Memoir, are not in spite of every possible care much too high! All his own observations made with the hydrometer, in 1894 have been revised and the readings corrected for the absolute minimum and maximum corrections of the instrument (Hydrometer Åderman No. 2). The values of specific gravity $\left(S \frac{17!5^{\circ} C}{17!5^{\circ} C}\right)$ and salinity have been computed by means of Knudsen's Tables 4.

¹ Op. cit. pp. 146 et seq.

² Op. cit. pp. 168-184.

³ I. e. the instrumental errors at maximum and minimum of surface-tension of the seawater. Cf. op. cit. p. 330.

⁴ The coefficient of thermal expansion for the glass of the hydrometer has been assumed to be between 0'000026 and 0'000028.

As stated in the memoir, the salinities, somputed from the specific gravity $\left(S \frac{17.5^{\circ} C.}{17.5^{\circ} C.}\right)$ by Tornøe's formula [Salinity $^{0}/_{0.0} = \left(S \frac{17.5^{\circ} C.}{17.5^{\circ} C.} - 1\right) 1315$] are, for values about

^{35.0 %,00,} about 0.16 %,00 higher than the values obtained from the same specific gravities by Knudsen's Tables. If the observations with the hydrometer be computed by Knudsen's Tables, they will, however, also give somewhat lower specific gravities than published in the memoir; this is especially the case with observations taken at somewhat low temperatures. And thus the final values of the salinity will be still more reduced.

It has then been found that at depths between 350 and 3000 metres the values of the salinity must have been between the following upper and lower limits, on the dates mentioned:

| Date | ! Depth in | | | Salinity an | nd Density | |
|---------|---------------|-------------|--------------------------|--------------|---------------|-------------------------|
| 1894 | Metres | Temperature | Lowest possible Value | | | possible lue |
| June 26 | 350 m. | oʻ36° C. | % | σ_{t} | °/00 | σ _t 28:20 |
| Oct. 18 | 400 , | 0'76 " | 34.96 | 28°05 | 35 12 | 20 20 |
| June 26 | 400 " | 0.38 | | i | 35.16 | 38.33 |
| June 26 | 450 " | 0.40 | 35.01 | 38.13 | | |
| Oct. 18 | 450 " | 0.72 | 32.10 | 28.17 | | |
| June 26 | 600 " | o.18 | 34.96 | 38.08 | | |
| Nov. 3 | 700 " | -o.13 * | | | 35.11 | 38.33 |
| June 27 | 800 " | 0.01 | | | 36.1 6 | 28.52 |
| June 27 | 1200 " | -o'34 " | | | 35'11 | 28. 33 |
| Apr. 26 | 1400 " | -0'44 . · | 35.08 | 58.51 | | |
| June 27 | 1600 " | —o.28 " | | | 32.11 | 28.34 |
| Oct. 27 | 2500 " | -o.89 " I | 34'99 | 28.19 | | |
| Oct. 29 | 3000 " | _o'84 " | 35'10 | 28.25 | | |

If the bottom-water of the North Polar Basin with temperatures below zero, has a nearly uniform salinity, like that of the Norwegian Sea, this salinity must consequently, according to the observations, be between 35.08 % and 35.11 %. As there seems to be no probable reason to doubt these derterminations it appears at present, until new investigations shall have been made, necessary to assume that the salinity of the bottom-water of the North Polar Basin is about 35.10 %.

On November 30 and December 2, 1895, Dr. Blessing bottled several water-samples from depths between 150 and 900 metres in the North Polar Basin. These samples were brought home, and the specific gravity of five of them carefully determined by Mr. Hercules Tornøe with the Sprengel pyenometer. If the salinities be computed by Knudsen's Tables from the specific gravities thus obtained the following values for salinity and density, of the samples from 800 and 850 metres are obtained:

¹ Nansen, Oceanography of N. P. Basin, p. 214.

| Depth | Temperature | Salinity | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
|-----------------|-------------|------------------------|-----------------------|
| 800 m. 850 " | o.12 ° C. | 34.86 ₀ /°° | 38.136 38.11 |

These values are, somewhat lower, than those found above 1: but the samples were taken with a water-bottle of Blessing's construction which can hardly have closed perfectly tightly?. Some slight quantity of water from the upper water-strata may thus have come into the samples, and the salinities have become somewhat too low as a result. On the other hand there is also a possibility that they may have come out somewhat too high by reason of some slight evaporation trough the glass stoppers of the bottles, while placed, for sterilisation, in boiling water for half an hour without however being heated to boiling point 8. The glass stoppers were afterwards carefully soldered by paraffin-wax; an when the bottles were oppened, in 1898, the parassin was still in perfectly good condition; no considerable evaporation is therefore likely to have occurred. There is therefore on the one hand a possibility that the salinities may have been somewhat higher than indicated by determination of the above samples; it may on the other hand have been slightly lower. And if the latter has been the case, the salinity of the

¹ By computing the salinity according to Knudsen's Tables Prof. Pettersson (l. c. pp. 316-318) comes to the conclusion that there was a considerably higher salinity (of 35'10 % at 450 metres than between 800 and 900 metres of the same station. It was, however, pointed out (op. cit. p. 213) that the determination of the sample from 450 metres was made by Dr. Heidenreich by means of an ordinary Specific Gravity Bottle with inserted thermometer, and was not sufficiently accurate. It was necessary first to reduce his somewhat inaccurate values of S $\frac{17.5^{\circ} \text{ C}}{17.5^{\circ} \text{ C}}$ by a probable error of o'oooo6 (= 0.078 °/₀₀ salinity). But even after this reduction the value for 450 metres is improbable; for it will give the water at 450 metres a density (a_t) of 28'17 (temperature = 0.73° C.) while the densities at 800 and 850 metres were according to the values above, about 28'11 and 28'136. The density at 450 metres cannot, at any rate, have been greater than these; the salinity therefore cannot have been above 35'04 % and was probably lower, provided of course that the values obtained for 800 and 850 metres be correct. It is consequently seen that Pettersson is not on very safe ground in concluding from this one inaccurate observation that there was a higher salinity (of 35'10 % at 450 metres, than at the greater depths.

It might be mentioned that the values of temperatures given in Pettersson's table loc. cit. p. 316) are not the final values (op. cit. p. 255); but are somewhat too low.

² It may be mentioned that the writer, some years ago made a water-bottle of exactly the same construction, which did not, however, close tightly, and therefore had to be altered.

³ Cf. Nansen, op. cit. p. 212.

bottom-water of the Norwegian Sea is approached as the correct value for these samples also.

Howsoever this may be, it is at all events quite impossible to say anything at all with certainty, about the salinity of the bottom-water of the North Polar Basin on the basis of Blessing's water-samples; whilst on the other hand the determinations made with the hydrometer make it impossible to estimate the salinity lower than 35.08 %.

The question now is: is there much chance of Warm Water with such a High Salinity running into the North Polar Basin?

The Atlantic water, carried into the North Polar Basin by the warm current along the west coast of Spitsbergen, cannot be heavier than the bottom-water of the Norwegian Sea; otherwise it would sink in the latter before it could cross the submarine ridge northwest of Spitsbergen. Its density (σ_t) must therefore be, at least somewhat, lower than that of the bottom-water, or lower than 28·10, at the time it crosses this ridge, and the probability is that the density is even lower than 28·02 (see Pl. V, maps for 100—400 metres). The maximum salinity which the water can possibly have at that moment, will therefore depend on its temperature. If there be assumed for the upper limit of the density as much as 28·10 the highest possible salinity would be 35·25 $^{\circ}$ 00 at 2·5 $^{\circ}$ C., and 35·13 $^{\circ}$ 00 at 2·0 $^{\circ}$ C. But if the upper limit of the density be 28·02 the maximum salinity would be 35·14 $^{\circ}$ 00 at 3·0 $^{\circ}$ C., 35·09 $^{\circ}$ 00 at 2·5 $^{\circ}$ C., and 35·04 at 2·0 $^{\circ}$ C.

According to Mohn's Sections XXIV and XXV¹, off the northwest coast of Spitsbergen, the temperature of the warmest core of the current in August, 1878, was between 2° C. and 3° C., and mostly between 2° C. and 2.5° C. (see his Sect. XXV). The salinity must consequently, have been for the greater part at least below 35.17 % and probably below 35.09 %. According to Arrhenius's Section (see Pl. X, Sect. IX) west of Northern Spitsbergen, in August, 1896, the warmest core of the current, with the highest salinities, had temperatures about 2.5° C.2; the salinity cannot at any rate have been above 35.17 %, and it has probably not been much above 35.09 %. The salinity of 35.22 % (originally 35.29 %, see Pettersson and Ekman, op. cit.),

_ ._ .._

¹ Mohn, op. cit. Pl. XIII. Mohn's Section XXIII, westwards from Ice Sound on Spitsbergen, has remarkably low temperatures, and there appear to have been exceptional conditions in this region at the time the section was taken.

² See also the small Section north of Spitsbergen, Pl. X, Sect. IX a.

with a temperature of 2.46° C., in 400 metres at his Station IV, is consequently much too high; it would give the water a density of about 28.13, and make it considerably heavier than the underlying waters 1.

According to information kindly afforded by Dr. Axel Hamberg, the Oceanographer of the Nathorst Expedition to Spitsbergen in 1898, the highest salinity observed in the warm West Spitsbergen Current during that summer, was 35.19 %, which on being reduced to the values of Knudsen's Tables, would probably be about 35.14 %. And this was only found in one water-sample; the salinities othewise did not exceed 35.15 %, or reduced 35.10 %. This agrees fairly well with what might be expected on the basis of what has been pointed out above.

In Chapter IV it was proved that in the Barents Sea there is formed, during winter and spring, a very cold bottom-water which has a higher salinity than the warmer water in the same region of the sea. It was also pointed out that some of the cold bottom-water, formed in this same manner, may probably flow along the bottom into the North Polar Basin from the sea north of Novaya Zemlya. And this cold water, which has probably a very high salinity, may help to form the bottom-water of the North Polar Basin by being intermixed with some of the overlying warmer waters.

There is also a possibility that the water of the warm Atlantic Current with a salinity above 35.0 %, may be carried to the surface by vertical circulation during the winter, in the region north of Spitsbergen; and may be cooled down to about —1° C. or lower, just as in the Barents Sea, whilst the salinity may be somewhat increased by the formation of ice at the surface. At Arrhenius's Stations III—VI the surface-water had salinities between 34.5 % and 34.82 %. Mr. Hercules Tornöe of the Norwegian North Atlantic Expedition found a surface-salinity of about 34.6 % aforement on the very ridge, northwest

¹ It was already pointed out above (p. 59) that there are several discrapencies in the values of salinity and temperature for the different depths of Arrhenius's Stations, published by Pettersson and Ekman. For 850 metres at Stat. IV, there is given a salinity of 35'10°/₀₀, (which reduced would be 35'03°/₀₀) and a temperature of 2'05° C. Both salinity and temperature are much too high, the former was probably really near that of the bottom-water and the temperature near zero at that depth. At Stat. III the published values of temperature and salinity would give about the following densities, if the salinities be reduced by 0'07°/₀₀.: In 40 metres 27'49; in 60 metres 27'89; in 80 metres 27'63; in 200 metres 27'89; in 300 metres 27'97; and in 500 metres 27'88. A vertical distribution of density like this cannot exist in the Ocean, the observations from 60 and 500 metres at least, must be erroneous.

Hereules Tornoc, Chemistry, The Norw. North-Atlantic Exp. 1876-1878, p. 64.

of Spitsbergen, with a surface temperature of 5.2° C. (Mohn's Stat. 362, in 79° 59' N. Lat., 5° 40' E. Long.). In July, 1897, salinities of about 35.0 "/w were observed on the sea-surface between 78° and 79° N. Lat. west of Spitsbergen, according to O. Pettersson and G. Ekman¹. It is evident, that if water with such comparatively high salinities be cooled down to freezing point during the winter, a very active vertical circulation will arise, which may break trough the underlying warmer but more saline water and at last reach the bottom. Surface-water with a salinity of 34.82 %, as at Arrhenius's Stat. IV, will have a density of 28.06 at its freezing-point (-1.00° C.), and water with a salinity of 35.0 % will have a density of about 28.20 at its freezing point (-1.925° C.). It was pointed out above what great changes in Salinity and Temperature between Summer and Winter, may arise on and near the sea-surface in the Barents Sea and in the region of Amundsen's Stations 13-23, north of Jan Mayen. It would seem probable that similar great changes may also occur during the winter, in the sea north of the Spitsbergen coasts, and heavy bottom-water, like that of the eastern Barents Sea, might then be formed on the continental shelf in this region; its salinity would in that case be increased by the formation of ice at the surface. The heavy cold water thus resulting may sink, and flow northwards along the slope of the Continental Shelf, into the deep North Polar Basin, where after being gradually mixed with overlying warmer waters, it may contribute to the formation of the bottom-water.

Future investigations will finally have to decide whether the above value of about 35.10 % for the salinity of the bottom-water of the North Polar Basin is too high². If this determination be confirmed, the possibility of a communication between the deep North Polar Basin and the deep basin of the Norwegian Sea, as well as of their bottom-waters, will be finally excluded. But in this case there are, as is shown above, two regions where the bottom-water of the North Polar Basin might originate, by being cooled down directly through radiation from the sea-surface, viz. in the seas north of Spitsbergen and near northern Novaya Zemlya.

It was stated above that only a small quantity of water was required yearly, to feed the circulation of the cold bottom-water of the Norwegian

¹ Loc. cit., p. 38.

² Just one trustworthy water-sample at 1000 or 1500 metres, from the sea to the north of Spitsbergen, would be sufficient to decide this question. The writer has made several attempts to get such a sample taken by different expeditions, but hitherto without success, nor has he been able to find time to go and take it himself. It is to be hoped, that in the near future this much to be desired sample may be taken.

Sea, as its renewal is such an extremely slow process. But it must be expected that the renewal of the cold bottom-water of the enclosed North Polar Basin, which is like a great fjord, occurs still more slowly, and a much smaller quantity of water is required yearly, to feed the circulation of this water. It is therefore, not improbable that the cold waters, with high salinity, formed during the winter in the two above-mentioned regions, might be sufficient to maintain this circulation; and it is possible that this is a feasible solution for the problem of the origin of the heavy bottom-water in the North Polar Basin, in the case of the possibility of its coming from the Norwegian Sea being excluded.

P. S. In 1904 Prof. Otto Pettersson published a paper "on the Influence of Ice-Melting upon Oceanic Circulation", which is repeatedly cited above. But as Pettersson's theories in several important respects bear upon the subjects discussed in the present paper, they should perhaps be somewhat more fully touched upon here. In a somewhat modified form Pettersson still upholds his old theory as to the great importance of ice-melting in the formation of ocean-currents.

Formerly² he was of the opinion that it was chiefly the buoyancy of the nearly fresh water, formed by the melting of ice, which produced the polar current between Iceland and Jan Mayen, whilst the cooling of the underlying waters was at the same time of some but less importance. But now, after the experiments of Mr. Sandstrøm on the effect of icemelting, he has obviously come to the conclusion that it is cooling which is of greatest importance; and this certainly seems to be more likely. But in one essential respect his standpoint is different now; he had previously only touched upon conditions obtaining in the sea between Iceland and Jan Mayen, but now he extends his theory to be available for all parts of the Ocean whereever ice occurs; even the North Polar Basin itself. He seems either to have overlooked the fact that the ice which melts must also once have been formed in the sea, or else he has misconceived the Polar ice as fresh-water ice from the Siberian rivers. It is of course true that river-ice carried into the sea, as well as glacial ice, cool the sea somewhat (as the heat disengaged during the

¹ Pettersson, Geographical Journal, London, vol. XXIV, 1904, pp. 285-333.

² Pettersson, Öfversigt af Kongl. Vet.-Akad. Förhandlingar. 1899, No. 3. Stockholm; Ymer, Stockholm, 1900, p. 157-189; Pett. Mitt. 1900, Heft III and IV.

freezing process was given to the land and atmosphere) but these small quantities of ice are of no importance compared with the enormous Polar ice-masses formed in the North Polar Basin itself, and the cooling thus produced, is naturally negligeable compared with that caused by radiation from the surface of the Polar and Arctic Seas during the long winter.

On an earlier occasion 1 it was pointed out that it is the buoyancy of the layer, 200 metres thick, of diluted light water which, in connection with the wind, is of essential importance in the formation of the East Greenland and East Iceland Polar Current and not the thin surface layer of diluted water formed by the ice-It is therefore not necessary to repeat these arguments here; there remains only to discuss Pettersson's theory in its new form, It may first be pointed out that he still overlooks the fact that the Polar ice floats in a layer of diluted Polar water of low salinity, 100 or 200 metres thick; and in the northern seas which he mentions, there is, according to the writer's knowledge, not a single place where this ice comes into direct contact with Atlantic water. Distinction has, however, to be made between Polar ice and the thinner ice, of much wider distribution, which is formed during the winter in the northern parts of the Norwegian Sea itself (cf. above p. 80). It is the latter kind of ice which has the wide extension eastwards mentioned by Pettersson, between Jan Mayen and Spitsbergen, and between Jan Mayen and Iceland, in the spring and early summer; and by the melting of this ice the same quantity of heat is of course consumed as was disengaged on its formation.

It was above (p. 78) pointed out that no appreciable quantity of heat can be conducted to the underside of the polar ice from the underlying warmer water², through the cold polar water with a temperature-minimum at 50 or 60 metres.

Pettersson also appears to have forgotten that, the Atlantic Current in its way from the Shetlands to Spitsbergen is cooled about 10° C. near the surface and at least 4 or 5° C. in the deeper layers without any contact with ice (and the amplitude between summer and winter-

Oceanography of N. P. Basin. See also Nyt Mag. for Naturvid. vol. 39, 1901, p. 157.

² If there be such an effective conduction of heat through these water strata, as Pettersson is prone to believe, the temperature-minimum at 50 metres must have a cooling effect upon the overlying water-strata; and if the water at 50 metres be cooled down to freezing point by contact with the ice it must naturally cause a formation of ice in the overlying water strata with a lower salinity. A conduction of heat to the ice-floes from below, through this temperature-minimum is of course excluded.

temperatures is several degrees down to depths of many metres) whilst on the much longer way from Spitsbergen to the New Siberian Islands the water of the same current is cooled only 2° C. at the most.

And again, the formation of the enormous masses of ice over the deep North Polar Basin disengages a great quantity of heat, compared with which the amount of heat consumed in melting ice during the short summer-months is indeed very small. The observations during the "Fram" Expedition also prove that the heat consumed by this melting (which is chiefly limited to the upper surface of the ice) is derived directly from the sun and atmosphere, and not from the underlying seawater (see above p. 80). This is also to a very great extent th case in the East Greenland Polar Current north of Denmark Strait (cf. above p. 79)¹.

Pettersson also believes that this layer, 200 metres thick, of Polar water, covering the North Polar Basin (which is diluted by an intermixture between the water from Siberian (and American) rivers and the water carried into this Sea by the Atlantic Current) can only be formed by the melting of ice, and that therefore "the fresh water from the Siberian rivers is converted into ice by freezing before its admixture with the Atlantic water". He says that "it is necessary to admit this, because the intermingling of two water-layers of different salinity in a deep sea is an extremely slow process" (loc. cit. p. 321). Under these circumstances it is not clear how Pettersson thinks the layers of ordinary coast-water along the continental coasts can be formed without any formation or melting of ice. If he be correct, it is to be expected that during the summer the river water must float on the surface along the Siberian coast. But at only short distances outside the mouths of the Siberian rivers the surface water already has salinities of 10 and 20 %. Pettersson apparently believes that all ice in the North Polar Basin is formed in the shallow sea over the continental shelves near the coasts, and is afterwards melted during its drift across the deep North Polar Basin. If so, the thickest ice-floes met with during the drift of the "Fram"

¹ If the heat required for the melting of the ice were chiefly taken from the heat of the warm Atlantic undercurrent, as assumed by Pettersson, it would be unlikely that this melting would depend to any great extent on the season. For this undercurrent has always very nearly the same temperature, and there could not consequently be any great difference in the distribution of polar ice in summer and winter; whilst in seas like the Kara Sea, and the shallow Siberian Sea, there could hardly ever be any ice-melting because there is no warm undercurrent. But nevertheless there is actually a very great difference in the distribution of the ice between summer and winter as Pettersson himself points out.

ought to have been found near to the Siberian Coast. But the real state of things is the exact opposite, as is proved by the observations made during that expedition. Over the continental shelf north of Siberia the ice is comparatively thin; there is much open water during the summer and autumn, whilst the greatest quantity of ice as well as the thickest ice-floes are formed over the deep North Polar Basin. There is also much more melting of ice going on during the summer in the shallow sea north of Siberia, than there is over the deep Basin farther north.

Prof. Pettersson has two theories about the origin of bottom-water of the Norwegian Sea. On pp. 318—319, he assumes that the cold heavy water observed at Amundsen's Stations (and at Ryders Stations) comes from the North Polar Basin, forms "the deeper layers" of the East Greenland Polar Current and sinks "to the bottom of the Norwegian Sea". It was pointed out above that this theory is impossible, because no such water comes from the North Polar Basin with the East Greenland Polar Current, the deeper layers of which have no temperatures and no salinities similar to those of the cold bottom-water at Amundsen's Stations.

On p. 329 of the same paper Prof. Pettersson says that he has "calculated that part of the Atlantic under-current which mixes with the ice-water to be one-eighteenth, while the remaining seventeen-eighteenths become cooled from contact with the ice and sink to the bottom, there to form the great bottom layer of cold water of only —1.0 to —1.4° C." On the one hand Pettersson here repeats a mistake which the writer has already pointed out on several previous occasion. He like several other authors obviously still has the misconception that the upper layers of diluted cold water of the East Greenland Polar Current are due to the melting of ice, whilst the observations during the "Fram" Expedition have proved that the whole North Polar Basin is covered by a similar layer about 200 metres thick, on the surface of which the polar ice is formed. The East Greenland Polar Current is formed chiefly of the same waters from the North Polar Basin, having very similar salinities. A calculation like that of Pettersson's is therefore quite fallacious.

On the other hand Pettersson seems unaware that nowhere in the regions mentioned by him does the "Atlantic under-current", come into contact with the Polar ice, from which it is separated by the layer of diluted Polar water. This was fully mentioned above. But if in spite of all, it be assumed that cold bottom-water might be formed in this way by the melting of the ice, such water must be formed chiefly during the summer, while the melting of the ice is going on, and it must be

expected that this cold water will then approach nearest to the sea-surface, or at least to the under side of the ice; which is not the case. It has been pointed out above, that during the summer, while the ice is melting, the surface strata of the sea become warmer, and the upper limit of the cold bottom-water sinks towards greater depths; during the winter, however, while ice is being formed, the upper strata are cooled towards their minimum temperature, and the cold bottom-water approaches near the surface. It is thus seen that no cold bottom-water of the Norwegian Sea can under any circumstances be formed directly by cooling due to the melting of Polar ice, and only to a very small extent by the melting of Arctic ice, formed in the northern Norwegian Sea. If there were ice-bergs it might be a different thing, but ice-bergs of sufficient size only occur near to the Greenland coast, and their number is not sufficiently great, to make them of much importance in this connection.

Table I.

Surface Temperatures, Salinities, and Densities along Amundsen's Route, April—Sept. 1901.

Explanations of Table I.

1st Column. Date and Hour of Observation.

and Column. North Latitude (N) and Longitude East (E) or West (W) of Greenwich.

For 8 a. m. and 8 p. m., or where this has not been suitable, at the nearest hours, the Temperature of the Air as well as the Magnetic Direction and Velocity of the Wind are given. The first figure is the Temperature of the Air in degrees Centigrade. The letters, N, W, etc., indicate the Magnetic Direction of Wind, and the last figure its Velocity according to a Scale ranging between o (= calm) and 6 (= Hurricane), and where the figures consequently have a value double those of the Beaufort Scale.

3rd Column. Depth in Metres. An asterisk after the figure indicates that the water sample was taken by the Amundsen Water-Bottle while the ship was sailing. The Temperature was then taken by a thermometer inserted in the water-bottle when it came on deck.

The surface water for the other observations was taken with an ordinary bucket.

- 4th Column. Temperature of the water in situ, in Degrees Centigrade. The thermometer No. 638 was used for most observations, it had a correction of o'o' C. (see p. 7).

 In some few cases the thermometers No. 35 and 39 were used. The latter had no correction at zero and the former a zero correction of -o'o5° C.
- 5th Column. Salinity (%)00) derived by M. Knudsen's Tables from permillage of Chlorine, determined by Titration (Mohr). Some water-samples taken with the Amundsen Glass Water-Bottle on cold days in April and May, 1901, give absurd values of Salinity. The reason is obviously that ice has been formed on the water-bottle (see above p. 7).
- 6th Column. Density (\sigma_t) of Sea-Water derived by Knudsen's Tables from Salinity and Temperature.
- Footnotes. The footnotes give the colour of the sea. Ice-sludge and "pancake-ice" means generally that new ice is being formed on the sea-surface. When the ice-crust is broken by the wave-movement it is broken into rounded disks of the size of pancakes, or into still smaller pieces forming by the friction against each other an ice-sludge.

Table I. Surface Observations.

| Date and Hour | Locality Air Temperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | σ_t | Date and Hour | Locality Air Temperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | σ _t |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|--|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|
| April 1901 | | M. | °C. | 0/00 | | April 1901 | | M. | °C. | ٧/٠٥ | |
| 22 , 2 p. m. | Hjelmesö in ESE,8milesoff | 0. | 3.2 | 34-41 | 27:42 1 | 25, 8·20 - | 3·1° W 1 | 0. | 1.30 | | 27-94 |
| - 2·10 - | DOL, Olimeson | 5* | 3·1 | 34'46 | 27·47 ¹ | - 8 ⁻ 30 - - 11 - | | 5° | 1·30 1·1 | 34·88 34·90 | 27·95 4 27·98 4 |
| - 2:20 - | | 10* | 3.0 | 34.45 | 27.44 | | 71°3′ N | U | 1.1 | 94 90 | 2/ 90 |
| - 8.10 - | 1.2° E 1 71.22° N | 0. | 3.3 | 34 46 | 27.45 | - 12 noon | 42.00° E | | | | |
| - 8· 2 0 - | 25° 8' E | 5* | 3.3 | 34.49 | 27·46 ² | - 2·10 p. m. | 1 | 0. | 0.34 | | 27.89 |
| - 8:30 - | | 10• | 3.3 | 34.51 | 27:47 2 | - 2·20 · - 2·30 · | | 5° 10° | 0.41 0.40 | | 27·88 4 27·87 4 |
| 23 , 2 ·15 a. m. | √71°19′ N √25°24′ E | 0. | 2.84 | į į | 2 | - 4·10 . | , 70°55′ N | 10 | 0 10 | 01.0 | 2.0. |
| - 2.25 - | 20 24 15 | 5* | 2.84 | 34.45 | 27:48 2 | | ¹ 41° 0′ E | | | 04.70 | i |
| - 2 ·35 | | 10* | 2.75 | 34.43 | 27·48 ² | · 8·10 · · 8·20 · | 1° NW 4 | 0° 5° | | 34·70 34·68 | ì |
| · 8·15 - | 21° ESE 1 | 0* | 3.40 | 34.46 | 27·44 ² | - 8:30 - | 1 1111 1 | 10* | | 34.59 | 1 |
| - 8 ·2 5 - | North Cape in WbS.3 miles off | 5* | 3.30 | 34.49 | 27·46 ² | 26, 2·20 a.m. | | 0• | -0.40 | | 27 92 4 |
| - 8:35 - | , | 10• | 3.41 | 34.49 | 27·46 ² | - 2·30 - - 2·40 - | | 5° 10° | -0.40 -0.40 | 34·68 34·71 | .27·89 · |
| - 12 noon | 71°18′ N | | | i i | | - 8.10 - | -0·1° N 0 5 | 5• | -040 | 34.64 | 2/91 |
| - 2 [·] 15 p. m. | ¹ 26°50′ E | 0* | 3.26 | 34.46 | 27·45 ⁸ | - 8·20 - | | 10* | | 34.66 | |
| - 2·25 - | 71°18′ N 27°00′ E | 5* | 3.30 | 34.21 | 27·47 8 | - 12 noon | 70°25' N 42°24' E | 0 | -0.9 | 34.70 | 27-91 4 |
| - 2:35 - | 27 00 E | 10* | 3.02 | 34.53 | 27.52 8 | - 8 p, m. | 40.777.4 | 0. | | 34.74 | 1 |
| - 8· 4 5 · | , 71°37′ N | | | | 8 | - 8·10 - 27, 2 a. m. | 1·2 W 1 | 5° | -1.3 | 34.69 | |
| . 9 | 28°15′ E | 5* | | 34.58 | 3 | - 2 - | | 5• | -1·3 | 34.71 | 27.95 |
| - 9·15 - | 1·1° S 2·5 | 10° | | 34.61 | 8 | . 2 - | | 10* | -1.3 | 34.69 | 27-93 |
| - 12 midn. | ! | ĬŎ. | | 34 57 | 27·61 8 | - 8 - - 8 - | 2.0° W 2.0 | 0° 5° | -0·7 -0·7 | 34·72 34·74 | 27.93 4 27.95 4 |
| 24, 2 a. m. | | 0 | | 34.57 | 27·61 ³ | - 8 - | | 10• | -0.7 | 34.69 | 27.90 |
| - 4 - - 6 - | | 0 | 2·0 2·0 | 31·58 34·66 | 27·65 ³ 27·72 ⁸ | - 12 noon | , 70°42' N | | | | |
| - 8 - | 1.0° S 3 | ŏ | 2.2 | 34.72 | 27·75 8 | | 42°22′ E | 0- | 0.4 | 04.770 | 27.02 |
| - 10 - | ! | 0 | 2.4 | 34.79 | 27·80 ³ | - 2 p.m. - 2 - | | 0° 5° | -0·1 | 34·73 34·77 | 27·92 4 27·95 |
| - 12 noon | 71°45′ N | 0 | 2.3 | 34.79 | 27:81 4 | - 8 - | -0·7° NW 4 | 0. | 0·4 | | |
| - 2·10 p. m. | 33°50′ E | 0+ | 2.39 | 34.79 | 27:80 4 | . 8 - | | 5* | 0.4 | 34.83 | 27.97 |
| - 2·20 - | | 5• | 2.40 | 34.80 | 27·81 4 | 28, 2 a.m. | , I | 0 | 0·4 0·1 | 34·87 34·89 | 28·00 · 28·05 · |
| - 4 - | | 0 | 2.3 | 34.87 | 27.87 4 | - 8 - | | 0 | 01 | 34.81 | 27:97 |
| - 6 <i>-</i> - 8·20 - | 3.2° SW 1 | 0 | 2·3 1·90 | 34·87 34·87 | 27·87 4 27·90 4 | | , 71°33′ N | | | | |
| - 8:30 - | 02 311 1 | 5• | 1.92 | 34.86 | 27.89 | - 12 noon | 45°30′ E | 0 | -0.3 | 34.74 | 27-93 |
| - 8.40 - | | 10* | 1.90 | 34.85 | 27.89 4 | - 12 midn. | −3 ⋅8° NNE 2⋅5 | 0 | -1.0 | 34.70 | 27-94 |
| • 11 · | 1 | 0 | 1.8 | 34.84 | 27.88 | 29, 2 a. m. | 1 | 0 | -08 -19 | 34.64 | 27.87 |
| 25, 2·10 a.m. - 2·20 - | | 0* 5* | 1·55 1·61 | 34·85 34·87 | 27·92 1 27·93 1 | - 6 - | | 0 | -19 | 34·49 34·44 | 27·78 5 |
| . 5 - | | ő | 1.2 | 34.85 | 27.92 | 1 . 8 . | _0.6° N 3 | ŏ | | [33.45] | |

¹ Sea blue. ² Sea dark blue. ³ Sea somewhat lighter blue. ⁴ Sea gray. ⁵ Formation of ice-sludge on the sea surface. Sea gray.

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------------|----------|--------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|------------------|-----------------------|--------------------------|
| Date and | Locality AirTemperature | Septh in | Tempera- ture | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ | Date and | Locality AirTemperature | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | $\sigma_{\rm t}$ |
| Hour | Wind | Dep | Tem | Sali | t | Hour | Wind | Dep Me | Tem | Sal | |
| April 1901 | | M. | ° C. | 0/00 | <u></u> - | May 1901 | | М. | ° C. | °/00 | Ī - |
| 29, 10 a.m. | 540044 N | 0 | -1.9 | [32.87] | 26·47 ¹ | 2, 8 p.m. | -6.0° E 0.5 | 0 | -1.4 | 34.61 | 27.88 |
| - 12 noon | 71°34' N | 0 | -20 | 34.78 | 28.03 1 | - 10 - | | 0 | -1.8 | 34.21 | 27.80 |
| - 2 p. m. | 47°30′ E | 0 | -1.9 | 31.60 | 27:87 1 | - 12 midn | 1 | 0 | -1.8 | 34·51 34·61 | 27·80 27·89 |
| - 4 P. III. | | ŏ | -1.7 | 34.54 | 27.83 1 | 3, 2 a.m. | 1 | Ö | -18 | 34·7 2 | 27.97 |
| - 4 - | | 5. | | | | - 6 - | 1 | Ŏ: | -1.8 | 34.61 | 27 .89 |
| · 6 · | -9.0° N 2 | 0 | . – 1·9 . – 1·9 | 34·70 34·78 | 27·96 1 28·03 1 | - 8 - | -7.0° SSE 1 | 0 | -1.9 | 34.61 | 27.89 |
| - 10 - | -90 N 2 | ő | -1.9 | 34.64 | 27.90 | · 9 · | | 0 5• | -1.7 | 34·08 34·12 | 27·45 27·48 |
| - 12 midn. | | ŏ | -1.8 | 34.44 | 27.71 1 | - 10 - | : | ő | -19 | 34 63 | 27.90 |
| 30, 2 a. m. | | 0. | -1.8 | 34.48 | 27.77 2 | - 12 noon | 70°20' N | 0 | -1.7 | 34.43 | 27.74 |
| - 2 - - 4 - | | 5° | -1·8 -1·9 | 34·56 34·44 | 27·85 ² 27·75 ² | | ' 48°30′ E | | 1 | | 27.91 |
| - 6 - | | ŏ | 1-1.9 | 34.44 | 27.75 2 | - 12 - - 2 p.m. | | 5° 0 | -1.8 -1.7 | 34·69 34·32 | 27.64 |
| - 8 - | -4·9° W 1·5 | 0. | -1.8 | 34.52 | 27·81 ² | - 2 p.m. - 2 - | : | 5• | -1.8 | [35.36]? | 27 01 |
| - 8 · | | 5• | -1.8 | 34.81 | 28.05 2 | - 4 - | | 0 | -2 ·0 | `34·64´ | 27.91 |
| - 10 <i>-</i> | , 71°10′ N | 0 | -1.9 | 34.34 | 27·67 ² | - 6 - | | 0 | -1.9 | 34.48 | , 27 ∙78 |
| - 12 noon | 47°34' E | 0 | -1.8 | 34.20 | 27·79 ² | · 6 · | -8.5° ENE 2 | 5• 0 | -1.8 -2.0 | [35·36]? 34.68 | 27-94 |
| - 4 p. m. | | 0 | -1.8 | 34.44 | 27.74 2 | - 10 - | -0.0 ENEZ | ŏ | -1.8 | 34.61 | 27.89 |
| - 6 - | 4.70 0337 0.7 | 0 | -1.7 | 34.41 | 27.71 2 | 10 - | | 5* | | [35:35]? | |
| • 8 · • 8 · | -1.7° SW 3.5 | 0 5• | -1.6 -1.8 | 34·37 35· 2 6 ? | 27.65 3 | - 10 - | 1 | 10* | 1 | Abore]: | , |
| - 10 - | | ŏ | -1.7 | 34.41 | 27.71 3 | - 12 midn. | | 0 | -20 | [36% ₀₀]? | 27-93 |
| - 12 midn. | | 0 | -1.5 | 34.63 | 27.89 3 | 4, 2 a. m. | | ŏ | -1.8 | 34.61 | 27.89 |
| | |] | | | | - 2 - | | 5* | -1.8 | [35.32] | |
| May 1901 | | | | | | - 4 - | | 0 | -2.0 | 32·82 5 32·89 5 | |
| 1, 2 a. m. | | 0 | -1.3 | 34.64 | 27·90 ³ | - 6 - | | 0 5• | -1.9 | 35.71 | |
| - 2 - | İ | 5• | -1.5 | 34.90]? | 07.693 | - 6 - | : | 10* | -1.9 | 36.26 | , |
| - 4 · · 6 · | | 0 | -1·4 -1·5 | 34·32 34·64 | 27·63 3 27·90 | - 8 - | -1.8° SSE 2 | 0 | -1.9 | 34.44 | 27.75 |
| - 8 - | -1.5° WNW 3 | | -1.3 | 34.60 | 27.86 | - 10 - | | 0 5• | -1.7 | 34.24 | 27.83 |
| - 10 - | | 0 | -1.1 | 34.54 | 27.81 | · 10 · | , 69°56′ N | - 1 | -1.8 | [35.29] | 07.00 |
| - 12 noon | 71°17′ N | 0 | -1.3 | 34.73 | 27.97 | - 12 noon | 47°30' E | 0 | -19 | 34.53 | 27.82 |
| - 2 p. m. | 46°30' E | 0 | -1.2 | 34.61 | 27:87 | - 2 p. m. | 1 | 0 | -1.7 | 34.53 | 27.82 |
| - 4 | | ŏ | -1.2 | 34.79 | 28.01 4 | · 2 · | 1 | 5• 10• | -1.7 | 34·50 34·47 | 27 ·78 27·77 |
| - 6 - | | 0 | -1.2 | 34.58 | 27.84 4 | - 4 - | | 0 | -1.9 | 34.46 | 27.76 |
| - 8 - - 10 - | -6·0° N 1 | 0 | -1·2 -0·3 | 34·70 34·80 | 27·94 · 27·99 · | - 6 - | 69°40′ N | 0 | -1.9 | 34.57 | 27.85 |
| - 10 - | | 5• | -0.4 | 34.81 | 28.00 | | 1 47°36′ E | ١, | i | | 27.82 |
| - 10 - | | 10* | -0.4 | 34.74 | 27.94 | - 8 - | -5.2 ESE 2 | 0 | -1.9 | 34·53 34·54 | 2/02 |
| - 12 midn. | | 0 | -0.1 | 34.83 | 28.00 4 | - 10 - | 1 | 5• | | 34.63 |] |
| 2, 2 a. m. | | 0 | -0·1 | 34.83 | 28.00 4 | - 10 - | | 10• | | | |
| - 6 - | | ŏ | -0.1 | 34·90 34·88 | 28·06 4 28·04 4 | - 12 midn. | | 0 | | 34.56 | 1 |
| - 8 - | -6.5° N 0.5 | 0 | 0.2 | 34.81 | 28 00 4 | 5, 2 a. m. - 2 - | | 0 5• | ļ | 34·37 34·76 | |
| - 10 - | | 0 | 0.3 | 34.81 | 28.00 4 | - 4 - | | ő | | [33.97] | , |
| · 10 - | , 71°3′12″ N | 5* | | 34.83 | | - 6 - | | 0 | | [33.40] | 00.00 |
| - 12 n oon | 46°00' E | 0 | -0.3 | 34.75 | 27.91 4 | - 8 - | -9.9° ENE 2 | 0 | | 34.79 | 28·03 |
| - 2 p. m. | 10 00 E | 0 | -0.3 | 31.75 | 27:94 4 | - 10 - | 69°40' N | 0 | : | 34.47 | 1 |
| - 2 - | , 71°4′ N | 5• | -0.4 | 34.74 | 27:94 | - 12 noon | 47°36′ E | 0 | -1.8 | 34·72 | 27.97 |
| - 6 - | 45°38' E | 0 | -0.35 | 34.74 | 27.944 | - 1 p. m. | | 0 | -1.8 | [05.00]0 | 00:40 |
| | 40 00 E | - 1 | | | | - 1 - | 1 | 5* | -1.8 | [35.28]? | 28.42 |

Formation of ice-sludge on the surface. Sea gray. ² No formation of ice-sludge on the surface. Sea gray. ³ Sea grayish brown, ⁴ Sea gray. ⁵ Small ice-needles floating in the water may have come into the sample. ⁶ Through ice-sludge and "pancake-ice". ⁷ Through an open lane in the ice. ⁸ Through open lan As the thermometer indicated -20° C. and even -24° C. it was considered untrustworthy and the reading were not recorded. ⁹ Through ice-sludge and pancake-ice. Sea gray. ¹⁰ Through a belt of dense pancak ice. ¹¹ Lying in tight ice.

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | σ_{t} | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- | Salinity 0/00 | σt |
|----------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------------------|--|---------------------|------------------------------------|--------------------|----------------|-------------------|--------------------|
| May 1901 | | M. | °C. | 0/00 | | May 1901 | | M. | °C. | 0/00 | |
| 5, 1 p. m. | | 10* | -1.8 | 34.60 | 27:87 | 8, 6 p. m. | | 0 | -1.8 | 34.49 | 27.78 |
| - 4 - | 70°4' N | 0 | -1.8 | 34.58 | 27.86 1 | - 6 - | | 50 | -1.9 | 34.97 ? | [28.19] |
| - 6 - | 48°26' E | 0 | -1.8 | | 2 | - 6 - | 0.70 1717 0 | 10* | -1.9 | 34.60 ? | 27.87 |
| - 6 - | 40 20 E | 5* | -1.8 | 34.50 | 27.79 2 | - 8 - | -2·7° NW 3 | 0 | -1.8 | 35·07 ? 34·48 | [28·25] 27·77 6 |
| - 8 - | -8.5° ENE 2 | 0 | -1.8 | 34.50 | 27.79 2 | - 12 midn. | | ŏ | -1.8 | 34.50 | 27.79 |
| - 11 - | 1 | 0 | -1.8 | 34.67 | 27.93 2 | - 12 - | | 5* | -1.9 | 10.96 | |
| - 11 - | | 5° 10° | -1.8 | [34·88] [35·05] | [28·10] ² [28·23] ² | - 12 - | | 10* | -1.9 | 34.61 | 27:89 |
| - 12 midn. | | 0 | -1.8 | 34 67 | 27.93 2 | 9, 2 a.m. | | 0 | -1.8 | 34.47 | 27.77 |
| 6, 2 a. m. | | 0 | -1.8 | 34.66 | 27.92 2 | - 6 - | 1 | ŏ | -1.8 | 34'41 | 27.71 0 |
| - 2 - | | 5* | 4.0 | [35:36]? | 27:68 2 | - 6 - | The street of | 5* | -1.9 | 34.78? | 28.02 ? |
| - 6 - | | 0 | -1.8 -1.9 | 34·63 [32·78]? | 2/00 - | - 10 - | -1.2° NNW 2 | 0 | -1.8 -1.7 | 34·42 34·40 | 27.72 6 |
| - 8 - | | Ö | -1.9 | 94.65 | 27.91 2 | | 69°32′ N | 100 | 1000 | 198788 | -14000 |
| - 8 - | -7·2° E 3 | 5* | -1.9 | Above 360/20]? | | - 12 noon | 45°39' E | 0 | -1.5 | 34.42 | 27.71 7 |
| - 10 - | -12 60 | 0 | -1.9 | 34.70 | 27-97 2 | - 12 - | | 5° | -1.5 | 04.40 | 27.70 |
| | 70°00′ N | 100 | 1000 | | 1,61,00% | - 12 - - 2 p. m. | -0.4° WbN 0.5 | 10* | -1.2 -1.6 | 34·43 34·40 | 27·73 27·70 |
| - 12 noon | 48°20' E | 0 | -1.8 | 34.79 | 28.03 2 | 2 p. m. | . 69°32' N | 1.74 | 76.1 | | CHLES. |
| 2 p. m. | | 0 5* | -1.8 | 34·70 [35·93]? | 27:96 2 | - 4 - | 45°33′ E | 0 | -1.4 | 34.42 | 27.71 |
| - 4 - | | 0 | -1.8 -1.9 | 32.95 | 9 | - 6 - | 24443300 | 0 | -1.5 | 34.40 | 27.70 8 |
| - 6 - | 1 | 0 | -1.9 | 34.73 | 27.98 2 | - 10 - | 69°32' N | 0 | -1.6 | 34.42 | 27.71 * |
| - 8 - | -6.8 ENE 2.5 | 0 | -1.9 | 34.62 | 27.90 2 | - 12 midn. | 45°33' E | 0 | -1.7 | 34.40 | 27.71 * |
| - 8 - | 69°50' N | 5* | -1.8 | 34.39? | 27.70 ? | 10. 2 a. m. | | ő | -1.7 | 34.42 | 27.72 |
| - 10 - | 48°10' E | 0 | -1.8 | 34.62 | 27.89 2 | . 4 . | | 0 | -1.7 | 34.42 | 27.72 8 |
| - 10 - | 10 10 1 | 5* | -1.8 | 34.65 | 27.91 | . 6 - | | 0 | -1.7 | 34.42 | 27.72 8 |
| - 10 - - 12 midn. | | 10* | -1.8 | 34.61 | 27·88 27·89 ⁹ | - 6 - | | 5° 10° | -1.8 | 34.44 | 27·74 27·71 |
| - 12 midn. | | 5* | -1.8 | 34·62 34·83 | 28:06 | - 8 - | -0.5° SSW 1 | 0 | -1.7 | 34.41 | 27 71 8 |
| 7, 2 a. m. | | 0 | -1.8 | 34.58 | 27·86 3 | - 10 - | 200121 42 | 0 | -1.6 | 34.42 | 27.71 8 |
| - 2 - | | 5* | -1.8 | [35.27]? | 27-04 4 | - 12 noon | 69°15′ N 45°20′ E | 0 | -14 | 34.36 | 27.67 ª |
| - 4 - | -4.5 N 4 | 0 | -1.8 | 34·52 34·14 | 27:81 ³ 27.51 ³ | - 12 - | 45 20 E | 5* | -1.3 | 34.47 | 27.76 |
| - 8 - | -40 N 4 | ŏ | -1.9 | 34.53 | 27:82 3 | - 12 - | | 10° | -1.4 | 34.46 | 27.75 |
| - 10 - | Capacina . | 0 | -1.7 | 34.42 | 27.72 | - 2 p. m. | | 0 | -1:3 | 34·37 34·27 | 27.68 8 27.59 9 |
| - 12 noon | 69°40′ N 47°55′ E | | | | 3 | - 4 - | 69°12' N | 0 | -13 | 100 | |
| | 16, 20, 22, 22, 23 | Lyin | g in t | ight .bay- | ice" (i. e. | - 6 - | 45° 0' E | 0 | -1.2 | 34.38 | 27.68 |
| - 9 p. m. | 69°35' N 47°35' E | ne | wly fe | ight "bay- ormed ice; an open | Came | - 6 - | 000404.34 | 5* | -1.4 | 34:34 | 27.66 |
| 8, 1 a.m. | 11 00 11 | 0 | -1.8 | 34.41 | 27:71 4 | - 8 - | 69°10′ N 44°50′ E | 0 | -1.4 | 34.43 | 27.731 |
| - 4 - | | ŏ | -1.8 | 34.42 | 27.72 | - 10 - | 0:3° WSW 1 | 0 | -14 | 34.38 | 27.691 |
| - 6 - | 0.40 2777 0 | 0 | -1.8 | 04.40 | 07.71 | - 12 midn. | 130 | 0 | -1.8 | 34.41 | 27 711 |
| - 8 - | -3·1° NW 3 | 0 5* | -1.8 -1.9 | 34·40 34·70 | 27·71 4 27·96 | · 12 · 11, 2 a.m. | | 5* | -1.7 -1.6 | 34·48 34·38 | 27·77 27·69 |
| - 8 - | | 10* | -1.9 | 34.909 | 28:11? | 11, 2 a. m. | | 0 | -1.4 | 34.23 | 27:571 |
| - 10 - | 400/8/22 | 0 | -1.8 | 34.57 | 27.85 4 | - 6 - | | 0 | -1.3 | 34.21 | 27.531 |
| - 12 noon | 69°15′ N | 0 | -1.8 | 34.44 | 27.74 | - 6 - | 0.00 WCW 4.5 | 5* | -1.4 | 34.21 | 27:54 |
| - 12 - | 1 44°51′ E | 5* | -1.9 | 34.61? | 27.89 ? | - 8 - | 2.6° WSW 1.5 | 10* | $-1.2 \\ -1.2$ | 34·27 34·29 | 27·59 27·601 |
| - 12 - | 557 650 | 10* | -1.9 | 34.49 | 27.78 | - 10 - | | o | -1.2 | 34.24 | 27.56 |
| - 2 p. m. | 69°10′ N | 0 | -1.8 | 34.42 | 27.72 | - 11 - | | 0 | -1.6 | 34.21 | 27.571 |
| - 4 - | 44°52′ E | 0 | -1.8 | 34.47 | 27.77 4 | - 11 - | | 5* | -1.4 | 34·23 34·24 | 27:57 |

¹ Lying in tight ice. ² Throug ice-sludge and pancake-ice. Sea gray. ³ In open water. Sea brownish gray. ⁴ Sea gray. ⁵ In an open lane. Sea gray. ⁶ Sea somewhat greener. ⁷ Sea light green. ⁸ In a bay in the ice. Indication of thin ice crust being formed. ⁹ Came out of the bay in the ice. ¹⁰ Tacking along the margin of the ice. ¹¹ Sea grayish green. ¹² Along the ice-edge. ¹³ The sea has the colour of brackish water with a greenish tinge.

114 FRIDTJOF NANSEN. AMUNDSEN'S OCEANOGR. OBSERVATIONS ETC. M.-N. K 1.

| Date and Hour | Locality irTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
|--|-----------------------------------|--------------------|--------------|------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| May 1901 | **** | M. | °C. | 0/00 | | May 1901 | goodny N | M. | ° C. | 0/00 | |
| 11 10 | 69°1′ N 44°28′ E | 0 | -1.2 | 34.23 | 27.56 1 | 14, 12 noon | 69°43′ N 46°20′ E | 0 | -0.9 | 34.32 | 27.62 |
| - 1 p. m. | 44 20 E | 0 | -1.4 | 34.22 | 27:55 1 | - 12 - | 40 20 E | 5* | -0.9 | 34.32 | 27.62 |
| | 1 | 0 | -1.4 | 34.11 | 27:47 | - 12 - | | 10* | -0.8 | 34.33 | 27.62 |
| 2 - 2 - 3 - | | 5* | -1.4 | 34.17 | 27.52 | - 2 p. m. | | 0 | -0.8 | 34·25 34·33 | 27:52 27:60 |
| . 4 . | | 0 | -1.4 | 34·10 34·05 | 27.42 | - 6 - | | 0 | -0.5 | 34.32 | 27:60 |
| - 6 - | | 0 | -14 | 34.16 | 27:51 1 | - 8 - | -0.5 SW 1.5 | 0 | -0.4 | 34.27 | 27.60 |
| - 6 - | | 5* | -1.4 | 34.22 | 27:55 | - 10 - | 11 1 | 0 | -1.0 | 34.23 | 27:55 |
| - 6 - | 08° WSW 05 | 10* | -1.4 | 34·18 34·19 | 27:53 27:53 | · 12 midn. | , 69°55' N | 0 | -1.2 | 34.27 | 27:59 |
| - 8 - 0 | 16 W3W 03 | 0 | -13 | 34:17 | 27.51 | 15, 2 a. m. | 46°45′ E | 0 | -1.4 | 34.37 | 27.68 |
| - 12 midn. | | 0 | -1.5 | 34.14 | 27.50 | - 2 - | 11000 | 5* | -1.3 | 34.35 | 27.66 |
| - 12 - | | 5* | -1.7 | 34.20 | 27:55 | - 4 - | Ì | 10* | -1.3 - 1.5 | 34·36 34·37 | 27.66 27.68 |
| - 12 - 12. 2 a.m. | | 10* | -1.7 -1.3 | 34·22 34·17 | 27:56 27:51 | - 6 | | 0 | -15 | 34.38 | 27.69 |
| - 4 - | | o | -1.4 | 34.20 | 27:54 | - 8 - | -1.1° SSW 1 | 0 | -1.5 | 34 36 | 27.67 |
| - 6 - | | 0 | -1.4 | 34:17 | 27:55 | - 8 - | | 5* | -1.5 | 34.41 | 27.71 |
| - 6 - | | 5* 10* | -1.5 -1.5 | 34·21 34·18 | 27:54 27:53 | - 8 - | | 10* | -1.3 | 34:33 | 27.63 |
| - 6 - | 0.5° S 0.5 | 0 | -1.3 | 34.22 | 27:54 | | 70°42' N | | | 34.41 | 27.70 |
| - 10 - | | 0 | -1.2 | 34.32 | 27.63 1 | - 12 noon | 47°20′ E | 0 | -1.3 | | Cont. |
| 140 mmmm | 69°12′ N | 0 | -1.5 | 34.32 | 27:64 | - 12 - - 2 p.m. | | 5* 0 | -1·2 -1·2 | 34·41 34·37 | 27·70 27·67 |
| - 12 - | 45°27′ E | 5* | -1.5 | 34.39 | 27.70 | - 2 p.m. | | o | -1.4 | 34.35 | 27.66 |
| - 19 - | 72235.72 | 10* | -1.5 | 34.75 | 27.99 | - 6 - | | 0 | -1.4 | 34:36 | 27:67 |
| · 2 p. m. | 69°16′ N | 0 | -10 | 34:36 | 27.65 2 | - 6 - | | 5* | -1.5 | 34.42 | 27.71 |
| | 45°28′ E | 0 | -1.1 | 34:35 | 27.65 2 | - 6 - | 1.0° S 2 | 10* | -1.5 -1.4 | 34·35 34·37 | 27.67 27.68 |
| - 4 - | | o | -1:1 | 34.39 | 27.68 2 | C/M-43 in 160 | 70°38' N | 1.5 | | 34 39 | 27.69 |
| - 6 - | 1.3 S. A S. O. | 5° | -1.1 | 34.42 | 27.70 | - 10 - | 47°10' E | 0 | -1.3 | | |
| | 0.5 W 0.5 | 0 | -1.2 | 34.39 | 27 69 2 | - 12 midn. | | 0 5* | $-1.3 \\ -1.3$ | 34·39 34·39 | 27·69 27·69 |
| - 10 - | 69°40' N | 0 | -1.2 | 34:37 | 27.67 2 | | | 0 | -1.7 | 34.29 | 27.62 |
| - 12 midn. | 46°30' E | 0 | -1.2 | 34.33 | 27.63 2 | - 4 - | | 0 | -16 | 34.34 | 27.66 |
| - 12 - | | 5* | -1.2 | 34.33 | 27.63 | - 6 - | | 0 | -14 | 34.34 | 27.66 |
| - 12 - | 69°40′ N | 10* | -1.2 | 34.66 | 27.90 | - 6 - | | 5* 10* | -1.4 | 34·38 34·38 | 27·69 27·69 |
| 13, 2 n. m. | 46°30′ E | 0 | -1.2 | | 2 | . 8 . | 0° N 0·5 | 0 | -1.4 | 34:34 | 27.66 |
| - 4 - | | 0 | -1.2 | 34.32 | 27.63 2 | - 10 - | , 69°40′ N 46°20′ E | 0 | -1.2 | 34.40 | 27.69 |
| - 6 - | | 5* | -1.0 | 34·37 34·40 | 27.66 ² 27.68 | 11.500.000 | 40 20 E | 0 | -1.0 | 34.39 | 27.68 |
| - 6 - | 10 SSW 05 | 0 | -1.0 | 34.36 | 27.65 2 | - 2 p. m. | 1447.7 | 0 | -1.1 | 34:37 | 27.67 |
| - 8 - | 10001100 | ő | -0.8 | 34.37 | 27.65 2 | - 6 - | , 69°40' N | 0 | -1.2 | 34.33 | 27.63 |
| - 12 noon | 69°55′ N | 0 | -0.8 | 34:37 | 27.66 | The second second | 46°20′ E | 150 | - 1.2 | 34:33 | 27.63 |
| A CONTRACTOR OF THE PARTY OF TH | 46°20′ E | 0 | -1.4 | 34.27 | 27·60 a | . 6 . | -0.1° NE 0.5 | 5° | -1.5 | 34:33 | 27.64 |
| - 2 p. m. | 70° 0' N | 1.64 | 1000 | | DEPOSIT AL | - 10 - | 10.5.855 | 0 | -12 | 34.28 | 27:60 |
| 4 - | 46°20' E | 0 | -15 | 34.32 | 27.61 3 | - 12 midn. | 20120.11 | 0 | -1.2 | 34.33 | 27.63 |
| - 6 - | 0-09 NW 0- | 0 | -1.5 | 34·27 34·50 | 27·60 ³ 27·78 ³ | - 12 - | 69°23' N 46°20' E | 5* | -1.2 | 34:33 | 27.63 |
| - 8 | -0·2° NW 2·5 | 0 | -1.4 -1.2 | 34.34 | 27.65 | 17, 2 a. m. | 40 20 E | 0 | -11 | 34.34 | 27.68 |
| 14, 2 a. m. | | ŏ | -1.3 | 34.32 | 27.63 4 | - 2 - | | 5* | -11 | 34:35 | 27.65 |
| | | 0 | -1.3 | 34.33 | 27.56 4 | - 4 - | 1 0.1 0.1 | 5* | -1.1 | 34:34 | 27:68 |
| - 6 - | -0·1° NW 0·5 | 0 | -1·3 -1·2 | 34·30 34·25 | 27.57 | - 4 - | | 0 | $-1.2 \\ -1.1$ | 34·35 34·34 | 27.66 27.68 |
| . 8 . | -01 1111 03 | 5 | -1.2 | 34:31 | 27.62 | - 6 - | -33.34 | 5* | -1.3 | 34.33 | 27.63 |
| . 8 . | | 10* | -1.2 | 34.33 | 27.63 4 | - 8 - | -0.3° NE 3 | 0 | -1.2 | 34:40 | 27:69 |
| - 10 - | | 0 | -0.9 | 34.29 | 27.59 | - 8 - | I. | 5* | -1.3 | 34.36 | 27.66 |

¹ The sea has the colour of brackish water with a greenish tinge. ² Sea dark blue. ³ Sea gray. ⁴ Along the ice-edge. Sea gray. ⁵ In a bay in the ice.

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | a _t | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
|------------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------------------|------------------|------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-----------------------------|
| May 1901 | | M. | °C. | 0/00 | | May 1901 | 1000 | M. | °C. | 34.44 | |
| 17, 8 a. m. | | 10* | -1.3 | 34 38 | 27.68 | 19, 8 a. m. | -1.0° E 3 | 0 5* | -1.2 | 34.44 | 27·73 ³ 27·73 |
| - 10 - | | 0 | -1.4 | 34.38 | 27.69 | - 8 - | | 0 | -1.0 | 34.45 | 27.69 8 |
| - 10 - | 5.00 | 5* | -1.3 | 34.43 | 27.72 | - 10 - | 1 | 5* | -1.0 | 34.43 | 27.71 |
| - 12 noon | 69°48′ N 46°25′ E | 0 | -1.3 | 34:38 | 27.68 1 | - 12 noon | 70°20' N | 0 | -1.0 | 34.49 | 27.75 8 |
| - 12 - | 10 25 12 | 5* | -1.2 | 34:37 | 27.67 | | 46°16' E | 5* | -1.0 | 34.47 | 27:74 |
| - 12 - | | 10* | -1.2 | 34:35 | 27.66 | - 12 - | | 10* | -10 | 34.48 | 27.75 |
| - 2 p. m. | | 0 | -1.3 | 34:38 | 27.68 1 | - 2 p. m. | | 0 | -1.0 | 34.54 | 27.81 8 |
| | | 5* | -1.5 | 34,36 | 27.66 | · 2 · | | 5* | -0.9 | 34.54 | 27.80 |
| - 4 - | | 0 | -1.2 | 34.37 | 27.67 1 | . 4 . | | 0 | -10 | 34:57 | 27.83 8 |
| . 4 . | | 5* | -1.3 | 33.39 | 27·69 27·67 1 | - 4 - | | 50 | -1.0 | 34:56 | 27.82 |
| - 6 - | | 5* | -1.3 | 34·36 34·36 | 27 67 | - 6 - | | 0 | -10 | 34.57 | 27.83 B |
| - 6 - | | 10* | -13 | 34:37 | 27.67 | - 6 - | | 5* | -1.0 | 34.60 | 27.85 |
| - 8 - | -10 NE 3 | 0 | -1.3 | 34.41 | 27·70 1 | - 6 - | | 10* | -1:0 | 34.58 | 27:84 27:82 8 |
| - 8 - | | 5* | -14 | 34.29 | 27.61 | - 8 - | 1.0° S 2 | 0 5* | -1.0 | 34·56 34·57 | 27.83 |
| - 10 - | | 0 | -1.3 | 34.39 | 27.69 1 | - 8 - | 10.52 | 0 | -1.1 | 34.59 | 27.85 8 |
| - 10 - | 2.2.022 | 5* | -1.3 | 34.43 | 27.72 | - 10 - | | 5* | -1.0 | 34.55 | 27.71 |
| - 12 midn. | 69°50′ N 46°27′ E | 0 | -1.3 | 34:36 | 27.67 | - 12 midn. | 70°21' N 46°16' E | 0 | -1.2 | 34:57 | 27.83 8 |
| - 12 - | 145.25 | 5* | -1.3 | 34:34 | 27.65 | - 12 - | 40 10 E | 5* | -1.1 | 34:52 | 27.79 |
| - 12 - 8, 2 a. m. | | 10* | -1.3 | 34.33 | 27.63 | - 12 - | | 10* | -1.1 | 34.54 | 27:81 |
| 8, 2 a. m. | | 0 | -1.3 | 34.40 | 27.69 | 20, 2 a. m. | | 0 | -11 | 34.55 | 27.71 3 |
| - 2 - | V | 5* | -1.3 | 34:36 | 27.67 | 20, 2 a. m. | | 5* | -1.1 | 34.59 | 27.85 |
| - 4 - | | 0 5* | -1.3 | 34·35 34·36 | 27.65 ² 27.67 | - 4 - | 1 | 0 | -1.1 | 34.60 | 27.85 3 |
| 1 | | 10* | -1.4 | 34.35 | 27.66 | . 4 - | | 5° | -1.2 | 34.60 | 27.85 |
| - 6 - | | 0 | -1.3 | 34.39 | 27.69 2 | . 6 . | | 0 | -1.1 | 34.61 | 27.87 8 |
| - 6 - | 7.0 | 5. | -1.3 | 34.37 | 27.67 | - 6 - | | 5* | -1.2 | 34.59 | 27.85 |
| - 8 - | -1.2° NNE 1 | 0 | -1'3 | 34:35 | 27.65 2 | - 6 - | 0.9 SW 1 | 10* | -1.1 | 34·60 34·52 | 27.85 27.79 a |
| - 8 - | | 5* | -1.4 | 34:34 | 27.66 | . 8 . | 1 7 3 0 40 0 1 | 5* | -1.2 | 34.58 | 27:84 |
| - 10 - | 1 | 0 | -1.0 | 34.34 | 27.65 2 | | , 70°00' N | 100 | | 100.051 | |
| - 10 - | . 69°41' N | 5* | -1.0 | 34.34 | 27.65 | - 1 p. m. | 42°45' E | 0 | -1.2 | 34.50 | 27.77 8 |
| - 12 noon | 45°49' E | 0 | -0.9 | 34.30 | 27.60 2 | | 70°4' N | | | Vary vi | LE 3114 |
| - 12 - | 40 49 E | 5* | -1.0 | 34:31 | 27.61 | - 4 - | 42°45′ E | 0 | -1.1 | 34.53 | 27.80 4 |
| - 12 - | | 10* | -1.1 | 34.29 | 27.60 | . 4 . | 12 10 2 | 5* | -1.1 | 34.55 | 27.71 4 |
| - 2 p. m. | | 0 | -0.8 | 34.27 | 27.58 2 | - 6 - | | 0 | -0.8 | 34.67 | 27.90 4 |
| . 2 . | | 5* | -0.8 | 34.29 | 27.59 | - 6 - | | 5* | -1.0 | 34.65 | 27.89 |
| - 4 - | | 0 | -0.7 | 34.20 | 27.51 2 | - 6 - | 0.0011201110 | 10* | -1.0 | 34.63 | 27.89 |
| - 4 - | 69°41' N | 5* | -0.7 | 34.28 | 27:58 | - 8 - | -0.2°WSW2.5 | | -0.8 | 34:70 | 27-93 4 |
| . 6 - | 45°59' E | 0 | -0.8 | 34:31 | 27.61 2 | - 8 - | | 5* | -0·7 | 34·70 34·47 | 27·92 27·73 |
| - 6 - | 49,99, E | 5* | -1.0 | 34.27 | 27:58 | - 10 - | | 0 5* | -0.7 | 34.49 | 27.74 |
| | -0.6 ENE 2 | 0 | -0.6 | 34.36 | 27.64 2 | | 70°15′ N | | 10 10 10 10 10 10 | | |
| . 8 . | -00ENE2 | 5* | -0.6 | 34.33 | 27:61 | - 12 midn. | 42°49′ E | 0 | -0.7 | 34.51 | 27.76 4 |
| - 10 - | | 0 | -0.8 | 34.32 | 27.61 2 | - 12 - | 100, 17.00 | 5* | -0.6 | 34.50 | 27.75 |
| - 10 - | | 5* | -0.9 | 34.29 | 27:59 | 21, 2 a. m. | | 0 | -1.0 | 34.46 | 27.73 4 |
| - 12 midn. | 70°11' N | 0 | -0.9 | 34.41 | 27:69 3 | - 2 - | | 5* | -1.0 | 34.43 | 27.71 |
| | 46°12′ E | 5° | -10 | 34.43 | 27.71 | - 4 | 11 | 5* | -1.3 | 34.44 | 27.73 |
| 9, 2 a, m. | | 0 | -1.1 | 34.47 | 27.75 3 | - 6 - | | 0 | -10 | 34.48 | 27.75 4 |
| 9, ¹² a, m. | | 5* | -1.2 | 34.46 | 27.74 | - 6 - | | 5* | -1.3 | 34.48 | 27.76 |
| - 2 - | | 10* | -1.2 | 34.43 | 27.72 | . 8 - | -1.0° WNW 3 | 0 | -1.0 | 34.49 | 27:76 4 |
| - 4 - | | 0 | -1.0 | 34.43 | 27.71 3 | - 8 - | | 5. | -1.3 | 34.49 | 27.77 |
| - 4 - | | 50 | -1.5 | 34.48 | 27.76 | - 10 - | | 0 | -1.4 | 34.46 | 27.75 4 |
| - 6 - | | 0 | -1.1 | 34.43 | 27.72 3 | - 10 - | 70000/ NT | 5* | -15 | 34.44 | 27.74 |
| - 6 - | | 5* | -1.2 | 34.41 | 27.75 | - 12 noon | 70°30′ N 42°55′ E | 0 | -1.3 | 34.55 | 27.82 4 |

¹ Along the ice-edge. Sea gray. ² Through slack ice. Sea grayish brown. ³ Along the ice-edge. Sea grayish brown. ⁴ In open sea. Sea gray.

116 fridtjof nansen. amundsen's oceanogr. observations etc. M.-N. Kl.

| | e and | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- | Salinity °/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
|--------|-------|------------------------------------|--------------------|----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|--|--------------------|--------------|------------------|-----------------------------|
| May | 1901 | | M. | ° C. | 0/00 | | May 1901 | | M. | °C. | 0/00 | |
| 21, 12 | noon | | 5* | -1.5 | 34.48 | 27:77 | 23, 4 p. m. | | 5* | -1.9 | 34.61 | 27:89 |
| - 2 | p. m. | | 0 | -1.4 | 34.48 | 27:76 1 | - 6 - | | U | -1.9 | 34.53 | 27-82 2 |
| - 2 | p | 1 | 50 | -1.6 | 34.48 | 27:77 | - 6 - | 1 | 5° | -1.9 | 34:57 | 27.85 |
| - 4 | | 1 | 0 | -14 | 34.47 | 27.76 | - 6 - | | 10* | -1.9 | 34.62 | 27.90 |
| - 4 | | | 5* | -15 | 34.49 | 27:77 | - 8 - | -4.5° NW 2 | 0 | -1.9 | 34.43 | 27 74 1 |
| - 6 | | 1 | 0 | -1.5 | 34.49 | 27:77 1 | - 8 - | | 5* | -1.9 -1.9 | | 27:89 |
| - 6 | - | 1.40 WNW 0 | 5* | -1.6 | 34·49 34·55 | 27:77 | - 10 - | | 5* | -10 | [35:13]? | |
| - 8 | | -1·1° WNW 2 | 5* | -1.6 | 34:55 | 27:79 | | 71°18' N | 1000 | 1.0 | | 1000000 |
| - 10 | 1.0 | | 0 | -1.4 | 34.49 | 27.77 1 | - 12 midn. | 43°58′ E | 0 | -1.8 | 34.66 | 27-91 2 |
| - 10 | | | 5* | -1.6 | 34.47 | 27.76 | 24, 2 a. m. | No. of the Control of | 0 | -1.8 | 34.67 | 27.93 ° |
| | | , 70°48' N | 115 0 | -1.3 | 34.53 | 27:81 1 | 2 . | | 54 | -1.8 | | 27.89 |
| - 12 | midn. | 43° 1' E | 0 | | 91.00 | 2/01 | - 2 - | | 10* | -1.8 | 34.59 | 27.86 |
| - 12 | | | 5* | -1.4 | 21.20 | 25.00 | - 4 - | | 0 | -1.8 | 34.69 | 27.94 8 |
| - 12 | | 1 | | -1.5 | 34.52 | 27:80 | . 6 . | | 5* | -1.7 | 34·66 34·70 | 27·82 27·96 ⁸ |
| 2, 2 | a. m. | 4 | 5. | -1.3 | 34·55 34·56 | 27.82 | | 71°19′ N | 1 7 | 1-22 | 1000 | HECKER 5 |
| - 2 | | 1 | 0 | -1·4 -1·2 | 34.55 | 27.82 | - 8 - | 43°56′ E | 0 | -1.7 | 34:79 | 28.03 3 |
| - 4 | A 77 | | 5* | -1.3 | 34.56 | 27.83 | . 8 - | -4.2° NW 1 | 5* | -1.7 | [35.18]? | 100 |
| - 6 | | | | -15 | 34.68 | 27.93 1 | - 8 - | | 10* | -1:7 | 34.88 | 28.10 |
| - 6 | | MARKET AND A | 5* | -1.5 | 34.66 | 27.91 | - 10 - | | 0 | -1.8 | 34.61 | 27'89 8 |
| - 8 | | -1.0° S 2.5 | 0 | -15 | 34.65 | 27.90 | - 10 - | 7.030/37 | 5* | -1.9 | [34.99]? | |
| - 8 | 121 | | | -1.5 | 34.60 | 27.86 | - 12 noon | 71°20′ N | 0 | -18 | 34:56 | 27:84 |
| - 10 | - | harman la | () | -1.8 | 34:51 | 27:80 2 | - 12 | 43°52′ E | 5* | | [35:02]? | EC 250 |
| - 10 | | 71° 2' N | 5* | -1.7 | 34.52 | 27:81 | - 12 - 2 p. m. | | 0 | -1.7 | | 27:83 |
| - 12 | noon | 44°15' E | 0 | -1.7 | 34.52 | 27.81 2 | - 2 p. m. | 1 | 5* | -1.8 | 34.60 | 27.87 |
| - 12 | | TE IO L | 5* | -1.6 | 34:55 | 27.83 | - 4 . | i. | 0 | -1.7 | 24.60 | 27:87 |
| - 12 | 2.2 | 1 | 10* | -1.6 | 34:50 | 27.78 | - 4 - | 1 | 54 | -1.7 | 34.64 | 26.90 |
| - 2 | p. m. | .ii | 0 | -1.7 | 34.49 | 27.78 | - 6 - | + | 0 | -1.8 | 34.64 | 27.90 |
| - 2 | (0) | | 5ª | -16 | 34.20 | 27.78 | - 6 - | i . | 5" | -18 | 34.61 | 27.89 |
| - 4 | | | 0 | -1.5 | 34.51 | 27:79 | . 6 | -3.0° NE 1 | 10* | -1.8 | 34.69 | 27:94 |
| - 4 | | | 5* | -1.5 | 34.49 | 27:77 | - 8 - | -90 NE 1 | 5* | -1.7 | 34.62 | 27.89 |
| - 6 | 3. | | 5* | -1.4 | 34·50 34·45 | 27.74 | - 10 - | | 0 | -1.7 | 34:77 | 28:01 |
| - 6 | | | 10* | -1- | 34.48 | 21 11 | - 10 - | L | 5* | -1.8 | 34:57 | 27:85 |
| - 8 | 2 | -0.3° SW 1 | 0 | -1.5 | The second second | 27.80 | | Lanning V | 10* | -1.8 | 34.66 | 27.92 |
| - 8 | 1 | -00 0 | 5* | -15 | 34.48 | 27.74 | 12 midn. | 71°18' N | 0 | -1.7 | 34:55 | 27:83 |
| - 115 | 95 | , 71°12' N | 0 | -1.6 | 34.51 | 27:79 | | 43°52′ E | 1 | 1 | The property in | |
| | | 44°10′ E | 1000 | 1 3 1 | 1 1 1 1 1 1 | 1 - 5 - 7 | - 12 | | 50 | -1.8 | 34.56 | 27:84 |
| 23, 2 | a. m. | | 0 | -1.7 | 34.51 | 27.80 | - 12 - - 12 - | | 10* | -1.8 | 34.68 34.95 | 27.93 |
| . 2 | 100 | 71° 4' N | 5* | -1.6 | 34.49 | 27.77 | - 12 - | | 20* | -1.9 | | |
| 4 | 120 | 44°13′ E | 0 | -15 | 34.51 | 27:79 | 25, 2 a. m. | | 0 | -1.7 | 34 56 | 27:84 |
| - 4 | 1.01 | | 5* | -1.5 | 34.21 | 27.79 | - 2 - | | 5* | -1.8 | 34:57 | 27.85 |
| - 6 | | | 0 | -16 | 34.49 | 27.77 | - 4 - | | 0 | -1.7 | [35:31] ? | 12.53 |
| - 6 | | | 5* | -14 | 34.54 | 27.82 | - 4 - | | 5* | | | 27.83 |
| - 6 | | | 10* | -1.5 | 34.60 | 27:86 | - 6 . | | 0 | -1.7 | 34.55 | 27.83 |
| - 8 | 1 | -0.5° WSW 2 | | -15 | 34.60 | 27:86 | - 6 - | 1 | 10° | -1.7 | [35-29] ? | 1 |
| - 8 | | | 5* | -1.5 t.7 | 34.59 | 27.86 | - 6 - | -4.0° NE 1 | 10* | -1.7 | | 27-83 |
| - 10 | 1 | | 5* | -1·7 -1·6 | 34.70 | 27:85 | - 8 - | -40 HL | 5. | -1.8 | | |
| 1.20 | | 71°22' N | 115.1 | 1 | E HOLL | | - 10 - | | 0 | -1.7 | | 27.82 |
| - 12 | noon | 43°55′ E | 0 | -1.7 | 34:58 | 27:86 | - 12 noon | 71°22' N | 0 | -1.7 | 34:51 | 27:80 |
| - 12 | - 51 | 1000 | 5* | -1.6 | 34:56 | 27:83 | | 43°53′ E | 0 | -1.7 | 34:54 | 27.83 |
| - 12 | | | 10* | -1.6 | 34.58 | 27:85 27:84 | - 2 p. m. | 16 11 1 | 0 | -1.6 | | 27.83 |
| . 2 | p. m. | 4 | 0 5* | $-1.7 \\ -1.6$ | 34·56 34·56 | 27.83 | 6 - | | 0 | -16 | | 28.07 |
| . 4 | MICH. | 1 | 0 | -1.7 | 34.61 | 27.89 | | -3·2° NE 2·5 | 0 | -1.6 | | 27:84 |

¹ In open sea. Sea gray. ² Along the ice-edge. Sea gray. ³ Along the ice-edge. ⁴ In the sea. ⁵ In open water. Sea gray.

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres Tempera- | salinity | σt | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity °/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
|---------------------------------|------------------------------------|---|----------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------|
| May 1901 | | M. ° | 2. %00 | | May 1901 | | M. | °C. | 0/90 | |
| 25, 9 p. m. - 10 - - 11 - | | $\left \begin{array}{c c} 0 & -1 \\ 0 & -1 \\ 0 & -1 \end{array} \right $ | ·6 34·47 ·6 34·47 | 27·76 27·76 27·75 | 27, 12 noon - 12 - - 2 p. m. | | 15° 20° 0 | | 34·70 ? [34·45] ? 34·86 | 9 |
| - 12 midn. | 72° 5′ N 42°20′ E | 0 -1 | 4 34.47 | 27.76 | . 2 . | | 5• | | [Abore] 36 0/00 | |
| 26, 1 a. m 2 - 3 - | 42 20 E | $ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$ | 3 34.58 | 27·85 ² 27·85 ² 27·90 ³ | - 4 - - 6 - - 6 - | | 5° 0 5° | | 35 09]? 34 86 ? 34 17 ? | 9 |
| - 4 · - 5 · | | 0 -1 0 -1 0 -1 | ·3 34·64 ·3 34·71 | 27·89 ² 27·85 ² 27·93 ² | · 6 · · 8 · | -7·1 NW 2 | 10° 0 5° | | [35·41]? 34·92 34·90 | 9 |
| - 7 - - 8 - | _4·7° N 1·5 | 0 -1 | 6 34.75 | 27·99 · 27·97 8 | - 10 - - 10 - | | 0 5• | | 34·88 [35·79]? | 9 |
| - 9 - - 10 - | | 0 -1 | 6 34.78 | 28·02 4 28·02 4 | - 12 midn. | 72°45' N 37°00' E | 0 | | 34:84 | 9 |
| - 11 - - 12 noon | 72°43' N 39°30' E | $\left \begin{array}{c c} 0 & -1 \\ 0 & -1 \end{array} \right $ | - 1 | 28.03 4 | - 12 - 28, 2 a.m. | | 10* | | [Alono] 36 % 34 91 | 9 |
| - 1 p. m. | OSOUE | 0 -1 0 -1 | | 28·05 4 28·03 4 | 20, 2 a.m. - 2 - | | 5* | | [Abere 36°/00] | • |
| - 3 - - 4 - | | 0 -1 | 6 34.81 | 28·04 5 28·06 6 | · 4 · | | 0 | İ | 34·85 34·89 | 10 10 |
| - 5 - | | 0 -1 | 8 34.97? | 28.18 6 | - 8 - - 10 - | -4·5° NW 1·5 | Ŏ | | 34.89 | 10 10 |
| · 6 · | -5:8° NNE 3 | $\left \begin{array}{c c}0&-1\\0&-1\end{array}\right $ | 8 34.95? | 28.08 6 [28.15]16 | | 72°40′ N 36°55′ E | 0 | | 34·84 34·80 | 10 |
| - 8 - - 8 - | -96 MME9 | $\begin{vmatrix} 0 & -1 \\ 5^{\bullet} & -1 \\ 10^{\bullet} & -1 \end{vmatrix}$ | 8 [34.31]? | | - 12 - - 12 - | (90,99, F | 5* | | 34·80 34·80 | |
| - 8 - | | 15* - 1 | 8 [35·19]? | 28.15.6 | - 12 - | | 10° 15° | | 34.79 | |
| - 8 - - 10 - | | 20° -1 | 34.90 | 27.82? | - 2 p. m. | | 20° 0 | | 34·78 34·81 | 10 |
| - 10 - - 12 midn. | , 73°0′ N | 5° 0 | [35·08] ? 34·91 | 8 | - 4 - | _ | 0 | | 34·84 34·83 | 1 0 1 1 |
| - 12 midn. | [∤] 37°5′ E | 5• | [35:45]? | | · 8 · | –3·5°NW 3 | 0 | | 34·83 34·72 | † 1 1 1 |
| - 12 - | | 10* | L Abore 1 | | - 12 midn. | 72°50′ N 36°53′ E | 0 | | 34.79 | 11 |
| 27, 2 a. m. | | 0 | 34.83 [Abore] | . 8 | 29, 2 a.m. | | 0 5* | | 34·75 34·72 | 12 |
| - 2 · - 4 · | | 5* 0 | 34·85 | 8 | - 2 - | | 10° 15° | | 34·75 34·73 | |
| - 4 - | | 5• | [Abore 36 0/00] | | - 2 - - 4 - | | 200 | | 34·79 34·76 | 12 |
| - 6 - - 6 - | | 0 5* | 34·90 [35·21]? | 8 | - 4 - | | 5° | | 34·79 34·88 | 12 |
| - 6 - | 7.00 N N N N O.5 | 10* | 35.38 ? | 8 | - 6 - | 4.00 NIII 0.5 | 5• | | 34.75 | 12 |
| - 8 - - 8 - | _7·2°NNW 2·5 | 5• j | [34·88] [35·43]? | | - 8 - - 8 - | -4·0° NW 2·5 | 0 5• | | 34·75 34·83 | |
| - 10 - - 12 noon | , 72°50′ N | 0 | 34·74 34·95 ? | 8 | - 10 - - 10 - | | 0 5• | | 34·78 34·77 | 12 |
| - 12 - | ≀ 37°00′ E | 5• | 34.76? | | - 12 midn. | 72°47′ N 36°55′ E | 0 | | 34:81 | 12 |
| - 12 - | | 10* | 34.70 ? | i | - 12 - | | 5• | | 34.75 | |

¹ In open water. Sea gray. ² In open water. Sea brown. ³ In open water. Sea brownish gray. ¹ Ice-sludge and small rounded pieces of ice. ⁵ In the ice. ⁶ The temperature is unreliable. ¹ During the following days the water-temperature could not be determined, owing to the low temperature of the air and the wind. The samples taken with the Amundsen Water-Bottle from 5-20 metres give obviously much too high salinities owing to formation of ice on the bottle. ⁵ Amongst small ice-pieces. Sea brownish gray. ¹ Along the ice-edge. Sea brownish gray. ¹ In open sea. Sea brownish gray. ¹ ¹ Through newly formed pancake-ice. Sea brownish gray. ¹ ¹ In open sea. Sea brownish gray. ¹ ¹ Through newly formed pancake-ice. Sea brownish gray. ¹ ¹ In open sea.

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | σ _t |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|--|
| May 1901 | i | М. | °C. | 0/00 | | May 1901 | | M. | °C. | 0/00 | |
| 29, 12 noon | ! | 10* | | 34·75 | | 31, 10 p. m. | 799104 N | 0 | -1.1 | 3 4·7 7 | 27-992 |
| - 12 - - 2 p. m. | | 15* 0 | | 34·65 ? 34·78 | 1 | - 12 midn. | 73°10′ N 36°30′ E | 0 | - 1.5 | 34.77 | 28.001 |
| - 4 - | | 0 5• | | 34 71 | 1 | - 12 - | | 5* | — 1·2 | 34.85 | 28'05' |
| - 6 - | | 0 | | 34·77 34·83 | 2 | June 1901 | | | | | } |
| - 6 · - 6 · | | 5° 10° | | 34·76 34·76 | ļ | 1, 2 a. m. | | 0 | -1·5 | 34·78 34·44 | 28·01³ 27·74³ |
| - 8 - | -4.5° NW 2 | 0 | | 34·81 | 2 | - 6 | | ŏ | -1·5 | 34.78 | 28-014 |
| - 8 - - 10 - | 1 | 5* 0 | | 34·77 34·77 | 2 | - 8 - - 8 - | 0.5 S 2 | 0 5• | -1.5 -1.5 | 34·79 34·82 | 28·02 ⁴ 28·05 |
| - 10 - | 1 | 5• | | 34.75 | _ | - 10 - | 79010/ N | ő | 1.4 | 34·77 | 28·00· |
| - 12 midn. | 72°43′ N 36° 5′ E | 0 | | 34 ·78 | 2 | - 12 noon | 73°19' N 36°00' T | 0 | -1.4 | 34.77 | 28·00 ⁵ |
| - 12 - | . 00 J E | 5* | | 34.76 | | - 2 p. m. | | 0 | -13 | 34.77 | 28 005 |
| 30, 2 a. m. | | 0 5* | | 34·79 34·79 | 2 | • 2 · • 2 · | İ | 5° 10° | -1·2 | 34·77 34·79 | 27-99 28-01 |
| - 4 - | İ | Ö | | 34.85 | 2 | - 2 - | | 15* | -1.2 | 34.83 | 28.04 |
| - 4 - - 6 - | | 5* | | 34·78 34·86 | 3 | • 2 • | | 20° 25° | -1.2 -0.8 | 34·77 84·79 | 27:99 28:00 |
| - 8 - | -4:3° NW 2 | 0 | | 34.78 | 2 | - 4 - | | 0 | -1.3 | 34.79 | 28-025 |
| - 10 - - 12 noon | , 72°48′ N | 0 | | 34.87 | 2 2 | - 4 . | √73°22′ N | 5* | -1.3 | 84 ·80 | 28.03 |
| | 36°48' E | 0 | | 34.81 | 2 | - 6 - | 36° 5′ E | 0 | -1.4 | 34:77 | 28-004 |
| - 2 p. m. - 4 | | 0 | | 34·87 34·85 | 2 | - 8 <i>-</i> | -0.2° SW 1.5 | 0 5• | -1·4 -1·4 | 34·79 34·77 | 28·02 ³ 28·00 |
| - 6 - | 72°52' N 36°50' E | 0 | | 34.91 | 2 | · 10 · | ,73°25' N | U | -1.2 | 34 ·78 | 28-01 |
| - 8 - | -2.8° NW 2 | 0 | | 34.85 | 2 | - 12 midn. | 38°21′ E | 0 | -1.2 | 34 ·79 | 28-025 |
| - 8 - | | 5° 10° | | 34·81 34·81 | | 2, 2 a. m. - 2 - | | 0 5• | -1·6 | 34·76 34·76 | 27-99 ⁸ 27-98 |
| - 8 - | | 15• | | 34 ·81 | | - 4 - | | 0 | -1.5 | 34.79 | 28-025 |
| - 8 <i>-</i> - 8 - | | 20° 25° | | 34·83 34·83 | | - 4 - - 6 - | | 0 | -1.5 -1.5 | 34:77 34:77 | 28·00 28·00 ⁵ |
| - 10 - | 500 04 57 | 0 | | 34.87 | 2 | - 6 - | ļ | 5* | -1.5 | 34.77 | 28'00 |
| - 12 midn. | 73° 0′ N 36°48′ E | 0 | | 34:79 | 2 | - 6 - | _20 W 2 | 10* | -1.5 -1.4 | 34·76 34·79 | 27-99 28-02 ⁵ |
| - 12 - 31, 2 a. m. | | 5* | | 34.85 | 2 | - 8 - | | 5* | -1.4 | 34.79 | 28.02 |
| 31, 2 a. m. | | 0 | | 34·86 34·85 | 2 | - 10 - - 10 - | | 0 5• | -1.6 -1.3 | 34·77 34·80 | 28·00³ 28·03 |
| - 6 - - 6 - | | 0 5• | | 34.79 | 2 | - 12 noon | 73°27' N 38°19' E | 0 | _1.6 | 34.78 | 28-01 |
| - 6 - | | 10• | | 34·77 34·85 | | - 12 - | 90 19 E | 5• | -1.6 | 34.76 | 27-99 |
| - 8 - - 8 - | _3·8 NW 1 | 0 5• | | 34.88 | 2 | - 12 - - 12 - | | 10* | -1.5 | 34.75 | 27-99 |
| - 10 - | 73° 7' N 36°43' E | 0 | | 34·83 34·88 | 2 | - 12 - - 12 - - 12 - | | 15° 20° 25° | -1·5 -1·4 -1·1 | 34·76 34·80 34·80 | 27·99 28·03 28·02 |
| - 12 noon | 73° 5′ N 36°35′ E | 0 | -0.7 | 34.79 | 27·99² | - 2 p. m. | | 0 5• | -1.5 | 34·76 | 27-993 |
| - 12 - | . 50 00 E | 15* | | 34.79 | | - 4 - | | 0 | -1·3 -1·5 | 34·79 34·75 | 28·01 27·99 ⁵ |
| - 12 - - 12 - | | 20° 25° | | 34·83 34·83 | | - 4 - - 6 - | | 5° 0 | -1·4 -1·5 | 34·77 34·77 | 28.00 |
| · 2 p. m. | | 0 | -0.8 | 34.69 | 27.912 | - 6 - | | 5* | -1.4 | 34·77 | 28·00³ 28·00 |
| - 4 - | | 0 5• | -0.8 -0.8 | 34·85 34·93 | 28·04·2 28·11 | · 6 · | _1.0° WSW 2 | 10* | -1·4 -1·5 | 34·76 34·76 | 27-99 |
| - 6 - | 73°10′ N | 0 | -0.7 | 34.83 | 28.022 | - 10 - | | ő | -1.4 | 34·78 | 27-99 ⁵ 28-00 ⁵ |
| - 8 - | [}] 36°40′ E −0'5 SW 1'5 | 0 | -0.5 | 34.82 | 28:012 | - 12 midn. | 73°25′ N | 0 | -1.4 | 34.79 | 28-02* |

¹ Through newly formed pancake-ice. Sea brownish gray. ² Along ice-edge. Sea brownish gray. ³ In open water. Sea gray. ⁴ Amongst small ice-pieces. ⁵ Along ice-edge. Sea gray.

| | AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
|----------------------|------------------------|--------------------|------------------|------------------|--|----------------------|--|--------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| June 1901 | | M. | °C. | 0/00 | | June 1901 | | M. | °C. | 0/00 | |
| 3, 2 a. m. | | 0 | -1.3 | 34.80 | 28.03 | 5, 8 p. m. | 0° S 2 | 0 | -1.3 | 34.52 | 27·80 3 |
| - 4 - | | 0 | -1.3 | 34.85 | 28.06 1 | - 10 - | TAGALL N | 0 | -1.2 | 34.51 | 27·78 3 |
| - 6 - | | 5. | -1.3 - 1.2 | 34·80 34·80 | 28·03 1 28·02 | - 12 midn. | 74°41' N 36°35' E | 0 | 1.7 | 34.94 | 27.97 4 |
| - 6 - | | 10* | -1.1 | 34.84 | 28.04 | 6, 2 a. m. | 35 55 1 | 0 | 08 | 34.88 | 27.98 4 |
| - 6 - | | 15° 20° | -1.0 | 34·84 34·84 | 28.04 | . 4 . | | 0 | 0.8 | 34.65 | 27.79 |
| - 6 - | 1 7 2 4 | 25* | -0.7 | 34.84 | 28·04 28·04 | - 6 - | 2·0° S 1·5 | 0 | -0·2 | 34·56 34·63 | 27.84 |
| - 8 - | -0.1° Calm | 0 | -1.2 | 34.84 | 28.05 1 | - 10 - | -5.5.4.5 | 0 | -0.7 | 34.65 | 27.87 |
| - 8 - | | 5* | -1.3 | 34·84 34·83 | 28.05 28.04 1 | - 10 - | 74°29′ N | 5* | -0.3 | 34.69 | 27.86 |
| | , 73°20' N | 100 | | | 120,000 | - 12 - | 31°30′ E | 0 | -0.9 | 34.63 | 27.87 5 |
| - 12 noon | 37°58' E | 0 | -1.1 | 34.81 | 28.03 | - 12 - | 12.3100 | 5ª | -0.7 | 34.69 | 27.86 |
| - 2 p. m. | | 0 | -1.1 | 34·80 34·83 | 28·02 1 28·04 1 | - 2 p. m. | 74°45' N | 0 | -1.0 | 34.53 | 27.79 5 |
| - 6 - | 577 Au 577 | ő | -1.1 | 34.80 | 28.02 1 | - 4 - | 31°5′ E | 0 | -0.6 | 34.61 | 27.91 |
| - 8 - | -0.3 EpS 5 | 0 | -1.1 | 34.76 | 27.98 1 | - 6 - | | 0 | -0.2 | 34.56 | 27.78 5 |
| - 10 - | 73°20' N | 0 | -1.2 | 34.77 | 27.99 1 | - 8 - | 3.8° S 2 | 0 | 0°2 -0°2 | 34·46 34·17 | 27.68 5 |
| - 12 midn. | 38° 5′ E | 0 | -1.3 | 34.70 | 27 [.] 95 ¹ | - 10 - | | 5* | 0.1 | 34.35 | 27.60 |
| 4, 2 a. m. | 46 | 0 | -1.3 -1.4 | 34·57 34·63 | 27·84 1 27·89 1 | - 12 midn. | 74°45′ N 29°55′ E | 0 | 0.0 | 34.12 | 27.41 5 |
| - 4 - | | 5. | -1.4 | 34.63 | 27.89 | 7. 2 a. m. | 29 00 E | 0 | -0.5 | 33.96 | 27:31 5 |
| - 6 - | | 0 | -1.4 | 34.70 | 27.95 1 | 7, 2 a. m. | | 5* | 0.0 | 33.95 | 27.28 |
| - 6 - | 10000 | 5* 10* | -1.4 -1.3 | 34·66 34·63 | 27:91 27:88 | - 4 - | 10.00 | 0 | -0.2 -0.2 | 34.00 | 27:33 5 |
| - 8 - | -1.3° NE 1 | 0 | -1.3 | 34.69 | 27.93 1 | - 8 - | 3·0° S 1·5 | 0 | -0.2 | 99 90 | 27 30 5 |
| - 8 - | | 5* | -1.3 | 34.70 | 27.95 | - 10 - | 10.05.5 | 0 | 0.0 | 34.00 | 27:32 |
| - 10 - - 10 - | | 5* | -1.3 | 34·71 34·71 | 27·95 ² 27·95 | - 12 noon | 74°40' N 30°00' E | 0 | -0.3 | 33.94 | 27.29 5 |
| - 10 - | | 10* | -1.2 | 34.73 | 27.96 | · 2 p. m. | 90 00 E | 0 | -0.3 | 33.93 | 27.28 5 |
| - 10 - | | 15* | -1.2 | 34.70 | 22.94 | - 2 - | | 5* | 0.0 | 33.94 | 27.27 |
| - 10 - | 72°54′ N | 20* | -1.1 | 34.70 | 27.94 | . 4 . | | 0 | -0.6 | 34·08 33·93 | 27.42 5 |
| - 12 noon | 38°18′ E | 0 | -1.3 | 34.70 | 27.952 | - 8 - | 2.0° SSW 2 | 0 | -0.6 | 33.93 | 27.29 5 |
| - 2 p. m. | | 0 | -1:3 | 34.70 | 27:952 | - 8 - | 1000000 | 5* | -0.5 | 33.91 | 27.27 |
| . 4 . | | 5* | -1.3 | 34·70 34·73 | 27·95 ² 27·96 | - 10 - | | 0 5* | $-0.8 \\ -0.7$ | 34·01 34·00 | 27:37 5 |
| - 6 - | | 0 | -1.0 | 34.70 | 27.942 | - 12 midn. | 74°46' N | 0 | -1.1 | 34.02 | 27:39 |
| - 6 - | -1.0° NNE 1 | 5* 0 | -1.3 | 34·70 34·70 | 27.94 27.95 ² | The second second | 26°22′ E | 5* | 7.5 | | 1 4 4 1 |
| - 8 - | -10 111151 | 5* | -1.2 | 34.70 | 27.94 | - 12 - 8, 2 a. m. | | 0 | -0.9 | 34·02 34·01 | 27:38 27:38 |
| - 10 - | | 0 | -1.3 | 34.71 | 27.95 1 | - 4 - | | 0 | -1.1 | 33.98 | 27:36 |
| - 10 - - 12 midn. | | 5* | $-1.2 \\ -1.2$ | 34·70 34·68 | 27·94 27·92 ² | - 6 - | | 0 | -1.0 | 34.11 | 27:45 |
| | 73°50' N | 350 | The Control of | | 2.50 | - 6 - | | 5° 10° | -1.0 -1.0 | 34·05 34·08 | 27·40 27·43 |
| 5, 6 a. m. | 37°50' E | 0 | -08 | 34.61 | 27:862 | - 8 - | 1.0 W 2 | 0 | -0.8 | 34.07 | 27.42 |
| - 6 - | | 5* | -1.0 | 34·66 34·41 | 27:90 27:69 ² | - 8 - | 76.0 | 5* | -0.8 | 34.05 | 27.40 |
| - 8 - | 0° SW 0.5 | 5* | -1.0 | 34.51 | 27.78 | - 10 - | 2.375 | 0 5* | -0.9 -0.9 | 34·04 34·05 | 27:40 |
| - 10 - | 73°50′ N 37°50′ E | 0 | -0.7 | | 2 | - 12 noon | 74°30′ N | 0 | -1.0 | 34.05 | 27:40 |
| - 10 - | | 5* | -0.6 | 34.59 | 27.82 | - 12 - | 25°2′ E | 5* | -0.9 | 34.05 | 27:40 |
| - 12 noon | 74°00′ N 30°35′ E | 0 | -0.8 | 34.44 | 27:712 | - 12 - | | 10* | -0.9 | 34.09 | 27.43 |
| - 2 - | 30 00 13 | 0 | -0.9 | 34.42 | 27.692 | - 12 - - 12 - | The state of the s | 15* 20* | $-0.9 \\ -0.9$ | 34.07 34.07 | 27·42 27·42 |
| - 4 - | | 0 | $-0.9 \\ -1.3$ | 34·57 34·54 | 27·82 ⁸ 27·82 ⁸ | · 2 p. m. | | | -1.0 -0.7 | | 27·42 6 |

Along ice-edge. Sea gray.
 Along ice-edge. Sea grayish green.
 In open sea. Sea dirty green.
 Along ice-edge. Sea brighter green.
 Along ice-edge. Sea green.

| | | | | | - | | | | | | |
|---|------------------------------------|------------------------------------|--|---|--|---|--|------------------------------|---|---|--|
| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | σ _t | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | | Salinity 0/00 | o _t |
| June 1901 | | M. | ° C. | °/• o | - | June 1901 | | М. | °C. | °/00 | |
| 8, 4 p. m. - 4 - - 6 - - 6 - - 8 - - 8 - | 0·5° WNW 2·5 | 0 5* 10* 0 5* | -1.0 -1.0 -1.0 -1.0 -1.0 -1.0 -0.8 -0.7 | 34·09 34·03 34·03 34·01 34·08 33·99 33·99 | 27:43 1 27:43 27:39 1 27:37 27:43 27:35 1 27:35 | 10, 12 noon - 2 p. m 4 4 6 8 8 - | 0° ENE 2 | 5* 0 0 5* 0 0 | 0·02 -0·25 1·19 1·92 1·2 0·92 1·0 | 33·84 33·59 34·27 34·29 34·24 31·32 | 27·19 27·01 * 27·47 * 27·43 27·45 * 27·52 27·52 |
| - 10 - - 10 - - 12 midn. | , 74°30′ N (25°17′ E | 5• 0 | -1.0 -0.8 -1.0 | 33·97 34·01 34·01 | 27·34 1 27·37 1 27·37 1 | - 10 - - 12 midn. | 73°58′ N 26°45′ E | 0 | 0·42 1·02 | 33·91 34·37 | 27·53 27·56 |
| · 12 - · 12 - · 12 - · 12 - 9, 2 a. m. | | 5° 10° 15° 20° 0 5° | -1.0 -1.0 -0.9 -0.7 -1.0 -0.9 | 34·04 94·03 34·04 34·06 34·01 33·99 | 27:39 27:39 27:39 27:40 27:37 27:36 | 11, 2 a. m. - 2 - - 4 - - 6 - - 8 - - 10 - - 11 - | 0-2° ENE 3 | 0 5• 0 0 0 | 0°29 0°83 1°24 0°43 -0°26 -0°3 | 33·96 33·82 34·26 33·62 34·12 34·05 34·03 | 27-21 27-484 26-954 27-394 27-374 27-364 |
| - 4 - - 4 - - 6 - - 6 - - 8 - | -0·5° NW 2 | 5* 0 5* 10* | -1.0 -0.9 -1.0 -1.0 -1.0 | 34·03 33·99 33·99 34·02 34·00 34·03 | 27:39 1 27:36 27:36 27:38 27:36 27:39 | - 12 noon - 1 p. m 2 3 4 - | 73°38′ N 24°50′ E | 0 0 0 0 | 0·4 0·79 0·93 0·72 1·46 | 34·17 34·20 34·36 34·27 34·53 | 27:44 4 27:43 4 27:56 4 27:50 4 27:65 4 |
| - 8 - - 10 - - 12 noon - 12 - - 2 p. m. | 74°12' N 26°30' E | 5° 0 0 5° | -1.0 -0.9 -0.7 -0.6 -0.4 | 34·05 34·01 34·04 34·04 34·04 | 27·40 27·37 ¹ 27·38 ³ 27·38 27·37 ² | - 5 · - 6 · - 7 · - 8 · - 9 · | 73°12' N 24°24' E 2·0° E 2·5 | 0 0 0 0 0 | 2·43 3·41 3·65 3·40 2·75 | 34·91 34·97 35·03 35·05 34·94 | 27:90 ⁴ 27:85 ⁴ 27:96 ⁴ 27:93 ⁴ 27:99 ⁴ |
| · 2 p. m. · 2 · · 4 · · 6 · · 6 · | | 5° 0 5° 0 5° | -04 -03 05 05 05 | 34·12 34·23 34·19 34·18 34·20 | 27:43 27:48 ² 27:45 27:44 ² 27:45 | - 10 - | 73°43' N 21° 7' E | 0 0 | 3·25 3·28 2·88 3·04 | 34-94 34-99 35-01 35-01 34-99 | 27-99 27-88 27-89 27-93 27-90 |
| - 6 - - 6 - - 6 - - 6 - | 04° WNW 05 | 10° 15° 20° 25° 0 | 1·4 1·56 2·00 2·18 0·43 | 34·57 34·59 34·76 34·80 34·21 | 27·70 27·70 27.81 27·82 27·46 ² | - 2 . - 3 - - 4 - - 5 - - 6 - | | 0 0 0 0 0 | 2 98 1 21 0 21 -0 7 -0 5 | 34·99 34·99 34·75 34·69 34·94 35·08 | 27-914 27-864 27-874 28-114 28-224 |
| - 8 - - 10 - - 10 - - 12 midn. | 74° 6' N 26°55' E | 5* 0 5* 0 | 0·69 0·37 0·95 0·34 | 34·19 34·18 34·20 34·19 | 27·44 27·44 2 27·43 27·46 2 | - 7 - | -1·4° NE 2 | 0 0 0 0 | -03 -03 -05 -018 01 083 | 34·71 34·70 34·70 34·66 34·63 | 27-91 5 27-92 5 27-90 5 27-84 5 27-78 5 |
| ·· 12 · · 12 · 10, 2 a. m. · 2 · | | 5* 10* 0 5* | 0.64 1.2 0.5 1.0 | 34·23 34·33 34·21 34·25 | 27·47 27·51 27·46 ² 27·46 | - 12 noon | NW point of Bear Island in N, its south point in EbS | 0 | 0.3 | 34.64 | 27.813 |
| . 4 . . 4 . . 6 . . 6 . | _0.5 E 0.5 | 0 5* 0 5* 10* | 0·2 0·79 1·0 1·0 1·5 | 34·18 34·21 34·33 34·35 34·59 | 27·46 ² 27·44 27·52 ² 27·55 27·71 | - 4 - 6 - - 8 - - 10 - | -0·3° NE 2 | 0 0 0 0 5• | 0·3 0·3 0·3 0·3 | 34·69 34·65 34·71 34·63 34·58 | 27.86 \$ 27.82 \$ 27.88 \$ 27.80 \$ 27.78 \$ |
| - 8 - - 8 - - 10 - - 10 - - 12 noon | 74°00, N 26°50' E | 0 5° 0 5° | 0.8 1.2 0.5 1.2 -0.81 | 34·23 34·35 34·14 34·14 33·55 | 27·47 ² 27·54 27·41 ² 27·38 26·99 ³ | - 10 - | | 5° 10° 0 0 0 | 0·3 0·3 -0·1 -0·1 0·0 -0·2 | 34·63 34·64 34·70 34·68 34·66 34·66 | 27:80 27:81 27:89 27:87 27:85 27:85 |

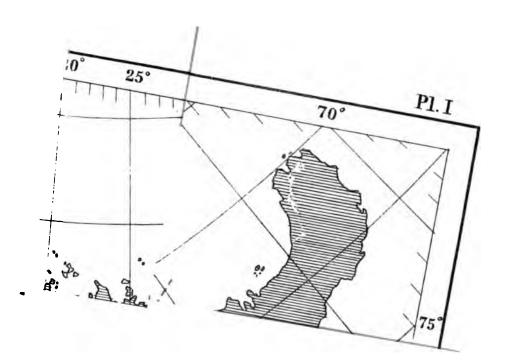
¹ Along ice-edge. Sea green. ² Along ice-edge. ⁸ Through ice. Sea green. ⁴ In open sea. Sea green. ⁵ Sea light green.

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | σ_t | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres! | Tempera- ture | Salinity 0/00 | σ_t |
|---------------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|--|------------------|------------------------------------|---------------------|------------------|------------------|---|
| June 1901 | | M. | °C. | 0/00 | | June 1901 | | M. | ° C. | 0/00 | |
| 13, 8 a. m. | 1°0′ N 1·0 | 0 | -0.2 | 34.69 | 27.88 1 | 15, 1 p. m. | | 0 | 2.2 | 34.81 | 27.83 2 |
| - 8 - | 3,07318,27 | 5* | 0.0 | 34.60 | 27.80 | - 2 - | | 0 | 3.0 | 35.01 | 27.91 2 |
| - 10 - | | U | 0.0 | 34.66 | 27.85 1 | - 3 - | | 0 | 1.8 | 34.81 | 27.86 2 |
| 40 | MountMisery | | | | C | . 4 . | | 0 | 0.8 | 34.61 | 27.76 2 |
| - 12 noon | in NbW, | 0 | 0.1 | 34.64 | 27.83 1 | - 5 - | 700404 37 | 0 | 0.9 | 34.63 | 27.76 2 |
| - 12 - | 2 miles off | 5* | 0.3 | 34.62 | 27:80 | - 6 - | 73°40′ N | 0 | 0.5 | 34.60 | 27.77 2 |
| | | 0 | 0.1 | 34.62 | 27.81 | | 7°18′ E | (2.5) | 0.6 | 34.58 | 27.75 2 |
| - 2 p. m. | 1 | 5. | 0.3 | 34.58 | 27.77 | . 7 . | 2.0° ENE 1.5 | 0 | 0.5 | 34.58 | 27.76 2 |
| - 4 - | | 0 | 0.1 | 34.64 | 27.83 1 | . 9 . | 20 ENE 15 | 0 | 0.6 | 34.61 | 27.78 2 |
| - 6 - | 5 Aug 5 1 at 1 | 0 | 0.0 | 34 62 | 27.83 1 | - 10 - | | ŏ | 0.1 | 34.66 | 27.84 2 |
| - 8 - | -0°4' NE 2 | 0 | 0.0 | 34:66 | 27.85 | - 11 - | I Service Committee | 0 | 0.2 | 34.66 | 27.85 2 |
| - 10 - | 1000000 | 0 | 0.1 | 34.69 | 27.88 | C.132. V. L.W | 73°35' N | 0 | 0.3 | 34.69 | 27:86 2 |
| - 10 - | | 5* | 0.3 | 04.70 | | - 12 midn. | 5°43′ E | | | 10000 | 000000000000000000000000000000000000000 |
| - 12 midn. 14, 2 a. m. | | 0 | 0.4 | 34.70 | 27:87 1 | 16, 1 p. m. | | 0 | 0.2 | 34.67 | 27.85 2 |
| 14, 2 a. m. | | 0 | -03 | 34.65 | 27:85 1 27:91 | . 2 . | | 0 | 0.2 | 34.64 | 27·82 2 27·82 2 |
| - 5 - | | o | 0.6 | 34 79 | 27.92 1 | . 4 . | | 0 | 0.2 | 34.64 | 27.82 2 |
| - 6 - | | 0 | 0.6 | 34.75 | 27.89 1 | 5 - | | ŏ | 0.2 | 34.63 | 27.81 2 |
| - 7 - | 7.44 | 0 | 0.6 | 34.77 | 27.91 1 | 3 | 73°13′ N | 1.75.4 | | | 120 27 6 |
| - 8 - | -1°0' NE 2 | 0 | 1.6 | 34.83 | 27.89 | - 6 - | 3°9′ E | 0 | 0.5 | 34.76 | 27.92 1 |
| - 9 - | | 0 | 2.9 | 34.92 | 27.86 2 | . 7 - | 0 9 E | 0 | 0.3 | 34:59 | 27-77 1 |
| - 10 - | | 0 | 4.9 | 35.03 | 27.72 2 | - 8 - | 2:0° NNW 2:5 | ŏ | 0.2 | 34.64 | 27.82 1 |
| - 11 - | 74°33' N | 0 | 5.2 | 35.03 | 27.69 2 | . 9 . | 20 11111120 | 0 | 0.1 | 34.67 | 27.86 1 |
| - 12 noon | 14°40' E | 0 | 5.0 | 35.03 | 27.71 2 | - 10 - | | 0 | 0.2 | 34.68 | 27.86 1 |
| - 1 p. m. | 14 40 E | 0 | 5.2 | 34.98 | 27.66 2 | - 11 - | 2724-3 | 0 | 0.2 | 34.65 | 27.81 |
| - 2 p. m. | | ő | 5.2 | 34.98 | 27.66 2 | - 12 - | 73°3′ N | 0 | 0.3 | 34:54 | 27.75 1 |
| - 3 - | Ì | 0 | 4.8 | 35.03 | 27.73 2 | | 1°33′ E | 6 | h.587 | | |
| - 4 - | | 0 | 4.3 | 35 07 | 97.79 2 | - 1 p. m. | | 0 | 0.8 | 34.55 | 27·71 1 27·70 1 |
| - 5 - | #1000/ N | 0 | 4.5 | 35.05 | 27.76 2 | 2 . 3 | | 0 | 0.3 | 34 55 34 64 | 27.81 |
| - 6 - | 74°28′ N 13°20′ E | 0 | 4.5 | 35.05 | 27.76 2 | 4 - | | o l | 0.2 | 34.64 | 27.82 1 |
| | 13 20 E | 0 | 1.6 | | | - 5 - | | Õ | 0.4 | 34.70 | 27:87 1 |
| - 7 - | 1°0' NE 1 | 0 | 4·5 4·5 | 35·09 35·05 | 27.77 2 27.76 2 | - 6 - | 73°6' N | 0 | 0.4 | 34.64 | 27.81 1 |
| . 9 . | | ő | 3.8 | 35.08 | 27.85 2 | | 0°00' W & O | | DEC U | 12 2 2 | 100000000000000000000000000000000000000 |
| - 10 - | | 0 | 3.4 | 35 09 | 27.88 2 | - 7 - | | 0 | 0.2 | 34.71 | 27.89 1 |
| - 10 - | | 5* | 3.5 | 35.08 | 97.87 | - 8 - | 1.0° N 2 | 0 | 0.0 | 39.79 | 27·99 1 27·97 1 |
| - 11 - | T400T(** | 0 | 3.3 | 35.09 | 27.89 2 | · 9 · | | 0 | 0.0 | 34·80 34·72 | 27.90 1 |
| - 12 midn. | 74°27′ N 11°40′ E | 0 | 3.3 | 35.07 | 27.89 2 | - 10 - | | 5* | 0.4 | 34.70 | 27.87 |
| | 11 40 E | 0 | 35.7 | | | . 11 - | | 0 | 0.2 | 34.73 | 27.91 1 |
| 15, 1 a. m. | | 0 | 29 | 35·09 35·05 | 27·93 ² 27·92 ² | | 73°15' N | 0 | 25 | 34.72 | 27.90 1 |
| . 9 . | | 5* | 3.2 | 35.06 | 27 90 | - 12 midn. | 1°25′ W | U | 0.2 | 04 /2 | 27 90 |
| - 2 - | | 0 | 3.0 | 34.99 | 27.90 2 | - 12 - | 3.40 | 5* | 0.4 | 34.70 | 27.87 |
| - 4 - | | 0 | 2.8 | 34.99 | 27.92 2 | 17, 1 a. m. | | 0 | 0.3 | 34.68 | 27.86 1 |
| - 4 - | | 5* | 2.9 | 34.99 | 27.91 | - 2 - | 1 | 0 | 0.3 | 34.68 | 27.86 1 |
| - 5 - | 74900/ N | 0 | 2.8 | 35.05 | 27.94 2 | - 2 - | | 5* | 0.4 | 34.69 | 27.86 |
| - 6 - | 74°00′ N 11°30′ E | 0 | 3.0 | 35.05 | 27-92 2 | - 3 - | | 0 | 0.2 | 34·74 34·76 | 27-92 1 27-91 1 |
| - 6 - | 11 00 15 | 5* | 3.1 | 35.07 | 27.92 | - 4 - | | 5* | 0.6 | 34.76 | 27.90 |
| . 7 . | | 0 | 3.5 | 35.08 | 97.89 2 | - 5 - | 1. 7. 5. | 0 | 0.3 | 34.72 | 27.90 1 |
| - 8 - | 3°0′ NE 1 | 0 | 2.6 | 34.94 | 27.90 2 | | , 73°17' N | 0 | 0.3 | 34.73 | 27.90 1 |
| - 8 - | | 5* | 2.8 | 34.96 | 07.40 | - 6 - | 1°30' W | U | 02 | 04 10 | 21 00 - |
| - 9 - | | 0 | 1.1 | 34.65 | mm mo Z | - 6 - | | 5* | 0.6 | 34.73 | 27.88 |
| - 10 - | | 0 | 1.3 | 34.70 | | - 7 - | Section 1 | 0 | 0.5 | 34.78 | 27.95 1 |
| - 11 - | 70040/ NT | 0 | 2.4 | 34.81 | 27.82 2 | . 0 - | 2.6° N 1 | 0 | 0.3 | 34.73 | 27.91 I |
| - 12 midn. | 73°48' N | 0 | 2.6 | 34.89 | 27.86 2 | - 8 - | | 5* | 0.9 | 34.76 | 27·89 27·85 1 |

¹ Sea light green. ² In open sea. Sea green.

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | σ _t | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | σ _t |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------|---------------------|--|------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|
| June 1901 | | M. | | °/00 | | June 1901 | | М. | ° C. | °/00 | |
| 17, 10 a. m 10 - | ļ | 5° 10° | 0·4 0·5 | 34·69 34·67 | 27.86 | 19, 12 noon | 74°8′ N 3°25′ W | 0 | -0.2 | | 3 |
| - 10 - | į | 15* | 0.5 | 34.68 | 27·83 27·84 | - 2 p. m. | C 3 23 W | 0 | -02 | | 3 |
| - 10 - | t | 20* | 0.5 | 34.71 | 27.87 | - 4 - | 1 | 0 | -0.5 | | 3 |
| - 10 - | , 73°40′ N | 25* | 1.0 | 34.68 | 27.81 | · 6 · | 1.0° SSW 1.5 | 0 | -05 00 | | 3 |
| - 12 noon | 1°50′ W | 0 | 1.8 | 34.68 | 27.84 1 | - 10 - | 10 35 1 1 3 | l ő i | 00 | | 3 |
| - 12 - | 1 | 5• | 0.7 | 34.67 | 27.82 | - 12 midn. | | 0 | -02 | 34- 2 9 | 27:56 |
| - 12 - - 2 p. m. | į | 10* | 0.8 | 34·67 34·69 | 27.82 27.83 1 | - 12 - | 74°10′ N | 5* | 00 | 34· 2 6 | 27.52 |
| - 2 · · | 1 | 5. | 2.6 | 34.68 | 27.76 | - 12 - | 3°25′ W | 10* | 0.1 | 34.30 | 27:54 |
| - 4 - | 1 | 0 | 1·5 1·1 | 34·70 34·73 | 27·79 ¹ 27·84 | 20, 2 a. m. | | 0 | -03 02 | 34·23 34·48 | 27·52 4 27·72 |
| · • · | 73°44′ N | 5* | - | | | 1 . 4 . | i | 5* | 0.3 | 34.48 | 27-72 |
| . 6 . | 2°10′ W | 0 | 1.5 | 34.73 | 27.82 | - 6 | 74°11' N | 0 | 0-2 | 34:37 | 27-61 |
| · 6 · | | 5° 10° | 0·9 1·1 | 34·69 34·72 | 27·83 27·84 | . 6 . | 3°22′ W | 5• | 0.2 | 34.37 | 27.61 |
| - 8 - | 2.0° W 1 | 0 | 0.8 | 34.63 | 27·78 ¹ | - 6 - | | 10* | 0.2 | 34.40 | 97-63 |
| - 8 - | İ | 5* | 0.6 0.7 | 34·62 34·68 | 27·78 27·83 1 | - 8 - - 8 - | 1.8° SW 1 | 0 | 0·2 0·2 | 34·41 34·35 | 27.63 4 27.59 |
| - 10 - | ,73°50′·N | 0 | | | ! | - 10 - | 1 | 5° 0 | 02 | 34.38 | 27.62 |
| - 12 midn. | 3°20′ W | 0 | 0.2 | 31.43 | 27.66 1 | - 10 - | 549404 N | 5• | 0.4 | 34.41 | 27-62 |
| 18, 1 a. m. | i | 0 | 0·2 0·2 | 34·35 34·36 | 27·59 27·60 1 | - 12 noon | 74°12' N 3°22' W | 0 | 0.2 | 34.38 | 27·62 ⁴ |
| - 2 · - 3 - | 1 | 0 ! | -01 | 34.32 | 27.58 | - 12 - | 0 22 | 5• | 0.3 | 34:38 | 27:61 |
| - 4 - | 1 | 0 | -0.2 | 34:34 | 27·61 · | - 12 - | .74°5′ N | 10* | 0.3 | 34:37 | 27.60 |
| - 5 - | , 73°57' N | 0 | -0.5 | 34.41 | 27.65 1 | - 2 p. m. | 3°27' W | 0 | 0.2 | 34.41 | 27·63 4 |
| - 6 - | 4°55′ E | 0 | -0.5 | 34.28 | 27.56 2 | - 6 - | 74°13′ N | 0 | 0.2 | 34.42 | 2764 |
| - 7 - | _0.3° W 1 | 0 | -0.3 | 34.11 | 27·42 ² 27·49 ² | 6 . | 3°21' W | 5• | 0.2 | 34.43 | 27.66 |
| · 8 · | _03 W 1 | 0 5• | 0.5 | 34·19 34·29 | 27.52 | . 6 . | İ | 10• | 0.3 | 34.45 | 27.66 |
| - 10 - | | 0 | -0.3 | 34.03 | 27·36 ² | - 8 - | 1.6° S 1 | 0 | 0.2 | 34.26 | 27.52 |
| - 10 <i>-</i> - 10 <i>-</i> | 1 | 5* 10* | 0.0 | 34 ·30 | 27·55 | - 8 - - 10 - | İ | 5* 0 | 0·3 0·3 | 34·27 34·45 | 27·52 27·66 |
| | , 73°59' N | 0 | 0.0 | 34.34 | 27·60 3 | - 10 - | | 5• | 0.3 | 34.42 | 27.63 |
| _ | 3°35′ W | - | 0.2 | | | - 12 midn. | 74°14' N 3°21' W | 0 | 0.3 | 34.46 | 27.674 |
| - 2 p. m. - 4 - | | 0 | -0.2 | 34·08 34·14 | 27·38 3 27·45 | - 12 - | 5 21 W | 5* | 0.4 | 34.46 | 97-67 |
| - 6 - | ,74°5′ N | 0 | -0.5 | 34.10 | 27.41 8 | - 12 - | İ | 10* | 0.4 | 34.46 | 27.67 |
| - 8 - | 1 3°30′ W 1 0∙2° SW 1·5 | 0 | -0.2 | 34.00 | 27.33 3 | 21, 2 a. m. | 1 | () 5* | 0·3 0·4 | 34·46 34·46 | 27·67 27·67 . |
| - 8 - | 02 500 10 | 5. | -0.1 | 34.10 | . 07. 20 | 1 4 | | ő | 0.2 | 34.55 | 27:75 |
| - 10 - - 10 - | 1 | 0 | -0.2 | 34.05 | 27.37 8 | - 4 - | ,74°15′ N | 5• | 0.3 | 34.53 | |
| | . 74°00′ N | 5* | -0.2 | 34.05 | ¦ 27·37 ∣ 27.44 8 | - 6 - | 3°20' W | 0 | 0.3 | 34.64 | 27.82 |
| - 12 - | 3°33′ W | 0 | -0.1 | 34.14 | 27.44 8 | - 6 - | i I | 5* | 0.3 | 34.67 | 27.85 |
| - 12 - - 12 - | 1 | 5* 10* | 0·0 -0·1 | 34.10 | 27-39 27-53 ₃ | · 6 · · 8 • | 2:0° SSE 1 | 10* | 0·3 -0·3 | 34·67 34·67 | |
| 19, 2 a. m. | | | -0.5 | | | - 8 - | ! | 5• | -04 | 34.64 | 2785 |
| - 4 - | I I | 0 | -0.5 | 34·12 | 27·43 ⁵ | - 10 · | 1 | 0 | | 3 4·62 | 27.79 |
| - 4 - | ,74°4' N | | -0.1 | 34 11 | 2/41 | - 10 - | , 74°15′ N | 5* | 0.7 | 34.62 | |
| - 6 - | 3°30′ W | 0 | -0.5 | 34.12 | • | | 3°20' W | 0 | 0.5 | 34.63 | |
| · 6 · | 4 | | -0.1 -0.5 | 34·17 34·33 | 27·46 27·60 | - 12 - - 12 - | | 5* 10* | 0·7 0·7 | | 27·79 27·79 |
| - 8 - | 1:0° SW 1 | | -03 -02 | 34.17 | 27.47 8 | · 12 p. m. | ı | 0 | 0.6 | 34.67 | 27:82 |
| - 8 - | | 5° | -0.1 | 34·15 | 27.45 | - 2 - | 1 | 5* | 0.7 | 34.67 | 27.82 |
| - 10 - | | 0 | -0.2 | 3:09 | 27.40 | - 4 - | | 0 | 0.2 | 34.64 | 27-81 |

¹ Sea light green. ² Through ice. ³ Along ice-edge. ¹ Along ice-edge. Sea light green.



124 FRIDTJOF NANSEN. AMUNDSEN'S OCEANOGR. OBSERVATIONS ETC. M.-N. Kl.

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/06 | o _t |
|------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------|
| June 1901 | 1 18 11 | M. | °C. | 0,00 | | June 1901 | Jan 1 | M. | ° C. | 0 00 | |
| 25, 10 a. m. | 1222 20 | 5* | 0.5 | 34.14 | 27.41 | 27, 12 midn. | 74°48' N | 0 | 0.8 | 34.05 | 27.41 |
| - 12 noon | 74°10′ N 1°14′ W | 0 | 06 | 34.12 | 27:38 | - 12 - | 4°00' W | 5. | 0.6 | 34.24 | 27:48 |
| - 2 p. m. | | 0 | 1.0 | | 1 | - 12 - | 0.00 | 10* | 0.3 | 34.29 | 27:53 |
| - 12 midn. | 74°20' N | 0 | 0.8 | 34.14 | 27:39 1 | 28, 2 a. m. | | 0 | 1.0 | 34.17 | 27.40 |
| 26. 2 a. m. | 1°50' W | 0 | 0.7 | | 1 | : 4 : | | 5. | 0.7 | 34:37 | 27:58 |
| - 2 - | | 5* | 08 | 34.13 | 27:39 | - 6 - | 74°56′ N 4°42′ W | 0 | 0.3 | 33.73 | 27.89 |
| : 4 : | | 5. | 0.8 | 31.14 | 27:40 | - 6 - | 1 4 42 W | 5* | 0.4 | 34.05 | 27:34 |
| - 6 - | 74°25′ N | 0 | 0.7 | 34.10 | 27:36 | - 8 - | 1.5° W 1 | 0 | 0.8 | 04.00 | 27.00 |
| - 6 - | 2°10' W | 5. | 0.7 | 34.09 | 27:35 | - 8 - | | 5. | 0.7 | 34·06 33·74 | 27·33 27·09 |
| - 6 - | | 10* | 0.6 | 34.06 | 27:34 | | 74°58′ N | | 5.5 | | 110.77 |
| - 8 - | 2.8° NW 0.5 | 0 | 0.9 | 34.09 | | - 12 - | 4°56' W | 0 | 0.8 | 33.93 | 27.20 |
| - 8 - | | 5° | 0.5 | 34.09 | 27:36 1 | - 12 - | | 5* | 0.9 | 33·92 34·92 | 27.20 |
| - 10 - | | 5* | 0.6 | 34.06 | 27:34 | - 12 - - 2 p. m. | 1 | 10. | 06 | 34.92 | |
| - 12 noon | 74°30' N 2°31' W | 0 | 0.9 | 34:37 | 27:57 | - 2 - | | 3 | -5:57 | 34.04 | |
| - 2 p. m. | 2 31 11 | 0 | 1.67 | | 1 | - 4 - | | 3. | 0.4 | 33.84 | 27.16 |
| 2 p. m. 2 2 . | | 5* 23* | 1.64 | 34·35 34·49 | 27:51 | | (74°54' N | 70.1 | 06 | 34.10 | 27:37 |
| - 4 - | | 0 | 0.8 | 04 40 | 27.70 1 | . 6 . | 5°15′ W | 0 5* | 0.7 | 34.08 | 27:35 |
| - 4 - | m.com. 24 | 5' | 0.8 | 34.52 | 27.69 | - 6 - | 1000 | 10 | 0.7 | 34 05 | 27 00 |
| - 6 - | 74°35' N 3°00' W | 0 | 1.0 | 34.34 | 27:54 | - 8 - | 1.5° SW 1.5 | 0 | 0.5 | DO: 00 | 07.01 |
| - 6 - | . 0 00 11 | 5* | 1.0 | 34.33 | 27.52 2 | - 8 - | 100 | 3. | 0.6 | 33.69 | 27:04 27:20 |
| . 6 . | 2.0° SW 0.5 | 10. | 1.0 0.8 | 34.34 | 27.54 | - 12 - | , 74°50′ N | 0 | 0.7 | 33.71 | 27:05 |
| - 8 - | 20 30 03 | 5* | 0.9 | 34:32 | 27:53 | | 5°30′ W | 0 | 0.7 | 33.73 | 27:06 |
| - 10 - | | 0 | 0.9 | 04.04 | | 29, 2 a. m. | 54.75 | ő | 0.3 | 33 81 | 27.15 |
| - 10 - | 74°40' N | 5* | 0.8 | 34.34 | 27.52 | - 6 - | 74°46′:N | 0 | 0.4 | 34.27 | 27:52 |
| - 12 midn. | 3°20' W | 0 | 0.8 | 34.27 | 27.59 | - 8 - | 1.0°WSW 1 | 0 | 0.4 | | |
| - 12 - | | 5° | 1.0 0.5 | 34·34 34·32 | 27·54 27·55 | - 8 - | 40,000 | 5 | 0.5 | 34.01 | 27:30 |
| 27, 2 a. m. | | 0 | 0.9 | 10000 | 150.51 | - 10 - | | 5° 10° | 0.6 | 33·82 33·86 | 27·15 27·18 |
| 2 . | | 5* | 0.8 | 34:35 | 27.56 | - 10 - | 5.55.5 | 0 | 0.4 | 33.86 | 27.18 |
| . 4 . | | 5* | 0.9 | 34.33 | 27.53 | - 12 - | 74°42' N | 0 | 0.4 | 1 | |
| - 6 - | 74°45′ N 3°40′ W | 0 | 0.8 | 34-19 | 27:43 | | 6°00' W | 4. | 0.6 | 34.82 | 27.95 |
| - 6 - | 3 40 W | 5* | 0.8 | 34.26 | 27:48 | - 12 - - 2 p. m. | | 0 | 0.4 | 0102 | 27 30 |
| - 6 - | | 10* | 0.9 | 34 28 | 27:50 | . 2 . | | 5* | 0.8 | 34.75 | 27.88 |
| - 8 - | -1.5° N 0.5 | 0 5* | 0.8 | 34:32 | 27:53 | - 4 - | | 5 | 0.5 | 33·75 33·83 | 27·09 27·15 |
| - 10 - | | ő | 0.9 | 0102 | 27 00 | . 4 . | | 10* | 0.4 | 33.83 | 27.16 |
| - 12 noon | 74°48' N | 0 | 1.0 | | | - 4 | | 15* | 0.4 | 34:06 | 27·35 27·42 |
| | 4°00′ W 74°50′ N | 20 | | | | - 4 - | | 20° 25° | 0.4 | 34.14 | 27.53 |
| - 2 p. m. | 4°4' W | 0 | 1.2 | | | - 8 - | 74°41' N | 0 | 0.4 | 7,575 | 11.2 |
| - 4 - | 74°52′ N | 0 | 1.0 | | | - 8 - | 5°51′ W 2·0° W 0·5 | 5* | 0.6 | 33:84 | 27:16 |
| - 6 - | 4°14′ W | 0 | 1.0 | | 1 | - 12 midn. | 74°40' N | 0 | 0.4 | 33.72 | 27:08 |
| . 8 . | -0.5° MNM 0.2 | 0 | 1.0 | 34.41 | 27.60 . | | 5°44′ W | | 0.4 | 00.72 | 2700 |
| - 8 - | | 5* | 0.8 | 34:07 | 27.32 1 | 30, 2 a. m. | 1 | 5. | 0.7 | 33.73 | 27:06 |

¹ Along ice-edge. Sea light blue. ² The water is very clear, and the water-bottle is very distinct visible at a depth of 10 metres. ³ Through slack ice. Sea light blue. ⁴ Sea light green. Through slack ic

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
|------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| June 1901 | | M. | ° C. | 0/00 | 1 | July 1901 | | M. | °C, | 0/00 | The s |
| 0, 4 a. m. | | 0 | 0.5 | | 1 10 100 | 2, 4 a. m. | V _1040 Z4 | 0 | 1.2 | 34.41 | 26.78 |
| - 4 - | MARROW AT | 5* | 0.7 | 33.64 | 26.99 2 | - 6 - | 74°4' N 6°19' W | 0 | 1.3 | 34.57 | 26.90 4 |
| - 6 - | 74°39' N 5°37' W | 0 | 0.4 | 33.69 | 27.05 | . 8 . | 1.7° SW 2 | 0 | 1.5 | 33.94 | 27.18 |
| . 6 . | 11.5.11 | 5* | 0.2 | 33.69 | 27 06 | - 10 - | 20077/ N | 0 | 1.1 | 33.97 | 27.24 |
| · 6 · | -1.0° N 1 | 10* | 0.3 | 33.71 | 27.08 2 | - 12 noon | 73°55′ N 6°40′ W | 0 | 1.3 | 34.22 | 27.42 4 |
| . 8 . | | 5* | 0.6 | 33.69 | 27.04 2 | - 1 p. m. | 1 | 0 | 1.2 | 34.08 | 27:31 4 |
| - 10 - | | 5. | 0.7 | 33.69 | 27:04 | . 1 . | | 5* | 1.5 | 34.11 | 27:32 4 |
| - 10 - | 74°35′ N | 0 | 0.6 | 33.49 | 26.88 2 | . 4 . | 1 | ő | 1.2 | 33.84 | 27 12 3 |
| - 12 noon | 5°30′ W | 7 | | | | . 5 . | 73°54' N | 0 | 0.8 | 33.69 | 27.03 3 |
| - 12 - | 1 | 5° | 0.7 | 33·51 33·75 | 26·89 27·09 | . 8 . | 6°17′ W 2:5° SWbW 2 | 0 | 0.5 | 33.41 | 00.00 3 |
| | | 0 | 0.7 | 55.10 | 2 | - 9 - | | 0 | 0.3 | 33.40 | 96.99 0 |
| - 2 - | | 3. | 0.6 | 33.54 | 26.92 2 | - 10 - | | 0 | 0.8 | 33.20 | 26.88 3 |
| - 4 - | 1 - 4 - 4 - 4 | 5. | 06 | 33.49 | 26.88 | - 10 - | 150 | 0 | 0.33 | 33.22 | 26.69 3 |
| - 6 - | 74°36′ N | 0 | 0.9 | 33.65 | 26.98 2 | - 12 midn. | 73°53' N | 0 | 0.2 | | 3 |
| - 6 - | 5°28' W | 5* | 0.9 | 33.83 | 27.13 | 3, 2 a. m. | 9°13′ W | 0 | 0.8 | 33.41 | 26.81 5 |
| - 6 - | | 10* | 0.8 | 33.96 | 27.25 | - 4 - | A to the Above | 0 | 0.7 | 00 11 | 3 |
| - 8 - | -0.1 NW 0.5 | 0 | 0.9 | 20.75 | 7 | . 6 . | 73°51' N 5°30' W | 0 | 0.6 | 33.45 | 26.84 3 |
| - 8 - | 1 | 5* | 0.9 | 33·75 33·56 | 27·07 2 26·92 2 | . 8 . | 2·1° WSW 1 | 0 | 0.2 | 33.43 | ac.or 3 |
| - 10 - | | 5. | 0.7 | 33.83 | 27.14 | - 10 - | | 0 | 0.2 | 33 36 | 26.79 |
| - 10 - | | 10 | 0.3 | 33·88 33·97 | 26.86 27.29 | - 12 noon | 73°50′ N 5°10′ W | 0 | 0.9 | 33.53 | 26.89 |
| - 10 - | 1 | 20 | 0.0 | 34.00 | 27:32 | - 2 p. m. | 3 10 11 | 0 | 1.0 | 33.78 | 27:09 3 |
| - 10 - | 74°34' N | 25 | -0.4 | 34.16 | 27.47 | . 4 . | 200454 NT | 0 | 1.0 | 33.67 | 26.96 |
| - 10 | 5°25′ W | 20 | | 36.10 | 71.17 | - 6 - | 73°45' N 5°12' W | 0 | 0.6 | 33.52 | 26.90 4 |
| July 1901 | 5 | | | | | - 8 - | 0° W 0.5 | 0 | 08 | Villa. | 22240 |
| 1, 4 a. m. | | 0 | 0.9 | | 2 | - 8 - | | 5* | 0.6 | 33 55 | 26.93 4 |
| - 4 - | | 5* | 0.9 | 33.82 | 27.13 | - 10 - - 10 - | | 5. | 1.0 | 33.55 | 26.90 |
| - 6 - | 74°32' N 5°22' W | 0 | 1.0 | 33.69 | 27.01 2 | - 12 midn. | 73°40′ N | 0 | 0.9 | 33.59 | 26.95 |
| - 6 - | 0 22 11 | 5* | 0.9 | 33.78 | 27.10 | . 12 - | 5°14′ W | 5. | 0.9 | 33 57 | 26.92 |
| 6 - | 1.00 CW 1 | 10* | 0:8 | 33.87 | 27.18 2 | - 12 - | | 10 | 0.9 | 33.59 | 26.95 |
| . 8 . | 1.0° SW 1 | 5 | 1:0 | 33:87 | 27.16 2 | - 12 - | | 15* | 0.2 | 33.88 | 27.21 |
| - 10 | | 0 | 0.9 | 33.71 | 27.04 2 | - 12 - | | 20° | 0°2 -0°2 | 33·90 34·07 | 27:23 27:39 |
| - 12 noon | 74°30′ N | 0 | 0.9 | 33.69 | 27.02 2 | 4, 2 a. m. | 1 | 0 | 0.8 | 9401 | |
| - 2 p. m. | 5°19' W | 0 | 1.1 | | | - 2 - | | 5 | 0.7 | 33.89 | 27.19 |
| - 2 P. III. | 1 | 4. | 1.3 | 33.87 | 27.15 8 | - 4 - | | 5. | 08 | 33.49 | 26.88 |
| - 4 - | | 0 | 1:3 | 33.50 | | . 6 . | 73°35' N | 0 | 0.8 | 33.57 | 26.93 4 |
| - 4 - | 74°22' N | 5' | 1.3 | | 3 | | 5°17′ W | 1.63 | 0.7 | 33.58 | 26.95 |
| - 6 - | 5°39' W | 0 | 1.3 | 33.73 | 3 | - 6 - | | 5° 10° | 07 | 33.58 | 26 95 . |
| - 8 - | 22° S 1 5 | 0 | 1.2 | 33.70 | | - 8 - | 0.5° S 0.5 | 0 | 1.1 | 33.55 | 26 95 26 90 4 |
| - 8 - | | 5. | 1.3 | 33.79 | 3 | - 8 - | | 5* | 1.0 | 33.55 | 26.90 |
| - 10 - | A141070 | 3. | 1:4 | 33:96 | 27.21 | - 8 - | | 10* | 0.9 | 33.58 | 26.93 |
| - 12 - | 74°13′ N | 0 | 1.1 | | | - 10 - | 0 | 5. | 1.0 | 33.42 | 26.80 |
| 2. 2 a. m. | 5°59' W | 0 | 0.7 | 33.48 | 26.86 | - 12 noon | 73°29' N | 0 | 1.1 | 33.50 | 26.86 |

¹ Sea light green. Through slack ice. ² Sea somewhat darker green. Through slack ice. ³ Through slack ice. Sea green. ⁵ Along the ice-edge. Sea green. ⁵ The temperatures from July 2, 12 midnight, and July 3, 2 a. m., are taken during a very slow drift. ⁶ The temperature at 0 metres was at 12 noon determined with the Richter thermometer to be 100° C.

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity | $\sigma_{\mathbf{t}}$ | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | σ _t |
|---|------------------------------|--------------------|------------------|----------------|--|---|------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| July 1901 | 1 | M. | °C. | 0,00 | i | July 1901 | | М. | °C. | 900 | |
| 4, 12 noon | | 5* | 1.5 | 33.50 | 26.85 | 7, 2 p. m. | | 0 | 2·2 2·2 | 34·56 34·53 | 27 1 |
| - 12 - - 2 p. m. | | 10 | 1·0 1·2 | 33 ·57 | 26.91 | - 4 p. m. - 6 - | , 73°59′ N | 0 | 2:2 | 34·53 | 27-6 |
| - 2 - | | 5. | 1.2 | 33·51 | 26.86 | | 3°12' W 2:8° NW 0:5 | 0 | 2.0 | 34.44 | 27: |
| - 4 - | | 0 5. | 1·0 1·0 | | | · 8 · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | ŏ | 2.2 | 34.43 | 275 |
| - 6 - | 73°18′ N | 0 | 1.0 | | 1 | - 12 midn. | 74°1' N 3°24' W | 0 | 2·1 | 34:34 | 27:4 |
| - 8 - | 5°28' W 1.8 SW 0.5 | 0 | 0.8 | | 1 | 8, 2 a. m. | | 0 | 2.2 | 34.34 | 274 |
| - 8 - | 105005 | 5. | 0.6 | | 1 | - 4 - | | 0 5• | 2·0 2·0 | 34:31 | 27.4 |
| - 10 - - 12 midn. | | 0 | 0.8 -0.1 | | i | - 6 - | 74°3′ N | 0 | 2.0 | 34:35 | 274 |
| - 12 miun. - 12 - | | 5. | 0.7 | | | . 6 . | 3°36′ W | 5. | 1.9 | 34:38 | 27-5 |
| 5, 2 a. m. | 73°30′ N 5°18′ W | 0 | 0.9 | 33.33 | 26.73 2 | - 8 - | 1·4° W 0·5 | 0 | 2.2 | | İ |
| . 4 - | , 9 19 W | 0 | 0.7 | 33.23 | 26.66 2 | - 8 - | 74°4′ N | 5* | 20 | 34.44 | 27.5 |
| - 6 - | 73°31' N 5°17' W | 0 | 0.9 | 33.49 | 26.86 2 | - 10 - | 3°48' W | 0 | 2.3 | | |
| - 8 - | 04° W 05 | 0 | 05 | 33.44 | 26.84 2 | - 12 noon | 74°4′ N | 0 | 2.8 | 34·17 | 27-2 |
| - 10 - | , 73°32' N | 0 | 1.5 | 33.38 | 20 10 | | 3°50′ W | 5. | 2.3 | 31.41 | 275 |
| - 12 noon | 5°16′ W | 0 | 1.8 | 33.49 | 26·80 ² | - 12 - - 12 - | ! | 10 | 2.3 | 31.41 | 275 |
| · 2 p. m. | | 0 | 1·7 1·2 | 33.22 | 26.60 2 | - 22 p.m. | | 0 5• | 2·8 2·4 | 34:08 | 27-2 |
| - 4 - | | 5• | 1.2 | 33.58 | 26.92 | . 2 . | 1 | ŏ | 2.2 | 94.00 | 2/3 |
| - 6 · | 73°36' N 5°00' W | 0 | 1.2 | 3 3·61 | 26·94 ² | - 4 - | 74°6′ N | 5* | 2.2 | 33.71 | 269 |
| - 6 - | 1 0 00 11 | 5 | 1.3 | 33.66 | 26.96 | - 6 - | 4°11' W | 0 | 1.2 | 33.14 | 26 ·5 |
| · 6 · | 2·1° SSE 0·5 | 10 | 1·3 2·3 | 33.81 | 27.09 2 | - 8 - | 1.3° E 1 | 0 5. | 1.0 | 32.96 | 26.4 |
| - 8 - | 2. 00200 | 5. | 1.5 | 33.90 | 27·15 2 | - 10 - | ; | ő | 1.8 | 02 90 | 201 |
| - 10 - | , 73°41′ N | 0 | 2.5 | 34.12 | 2120 | - 10 - | 74°7′ N | 4. | 1.8 | 33.49 | 26 ·8 |
| - 12 midn. | 4°44' W | 0 | 1.2 | 33:31 | 26.70 2 | - 12 midn. | 4°34' W | 0 | 20 | 33.56 | 26 8 |
| 6, 2 a. m. | i | (0 i | 1·1 1·2 | 33·31 33·33 | 26·71 2 26·71 2 | - 12 - 9, 2 a.m. | | 4. | 2·0 2·0 | 33.54 | 26 8 |
| - 6 - | | 0 | 0.7 | 32.96 | 26.45 | 9, 2 a.m. | İ | 0 5* | 20 | 33.52 | 26 ·8 |
| · 8 · · · · · · · · · · · · · · · · · · | 3.0° S₩ 1 | 0 0 | 0·7 1·4 | 33·40 33·56 | 26.80 ² 26.88 ³ | - 4 - | 74°8′ N | 0 | 20 | | |
| - 12 noon | , 73°50' N | 0 | 1.9 | 33.21 | 26·81 ³ | - 6 - | 4°57′ W | 0 | 20 | 33.65 | 269 |
| _ | 4°10′ W | 0 | 1.3 | 33.62 | 1 | . 10 - | 1·8° N 1·5 | 0 | 1·9 1·5 | 33.40 | 26 ·7 |
| - 2 p, m. - 4 - | | 0 | 1.1 | 33.62 | 26.94 3 26.96 | - 10 - | | 5. | 1.2 | 33.56 | 26 ·8 |
| - 6 - | 73°52' N 3°53' W | 0 | 1.2 | 33.76 | 27 06 ³ | - 12 noon | 74°9′ N 5°20′ W | 0 | 20 | 33.86 | 270 |
| - 8 - | 30° WSW 1 | 0 | 20 | 34.40 | 27.51 | - 2 p. m. | 1 3 20 W | 0 | 2.3 | 34-23 | 27:3 |
| - 10 - | , 73°54′ N | 0 | 1.6 | 34.19 | 27.38 | - 2 - | | 5* | 2.3 | 34· 2 3 | 27.3 |
| - 12 midn. | 3°35' W | 0 | 1.8 | 34.23 | 27.40 | - 2 - | | 10° | 2·3 2·2 | 34-24 | 273 |
| 7, 2 a. m 4 - | | 0 0 | 1.6 1.6 | 34·28 34·22 | 27·45 8 27·39 8 | - 4 - | | 5° | 2.1 | 34.23 | 27:3 |
| - 6 - | 73°56 N | 0 | 1.4 | 34.17 | 27·38 3 | - 6 - | , 74°10' N | 0 | 1.2 | 33.44 | 26 ·8 |
| . 8 - | 3°17′ W 3·5° S 1 | 0 | 2.0 | 34.30 | 27.43 3 | - 8 - | 5°20′ W | 0 | 0.9 | 00.55 | |
| - 10 - | | ŏ | 1.9 | 34.24 | 27·43 ³ 27·40 ³ | · 8 · · 10 - | 1·4° WNW 2 | 5° | 0.9 1.4 | 33- 2 0 | 266 |
| - 12 noon | 73°58' N 3°00' W | 0 | 1.8 | 34 25 | 27·41 ⁸ | - 10 - | | 5. | 1.3 | 33.39 | 26-6 |

¹ Along ice-edge. Sea green. ² Along ice-edge. Sea light green. ³ The sea has a marked li_{||} green colour. Great numbers of crustaceans in the sea. ⁴ In open sea colour light green.

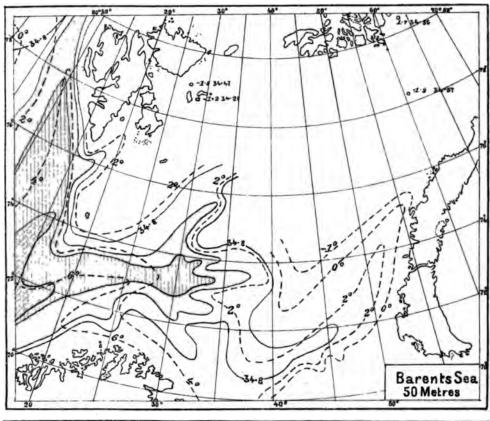
| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 9/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
|----------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|----------------|-----------------------|
| July 1901 | | М. | ° C. | 0 00 | | July 1901 | | M. | °C. | 0 00 | |
| 9, 12 midn. | 74°12' N | 0 | 0.6 | 32.96 | 26.45 | 12, 10 a. m. | 74000 ST | 5* | 1.3 | 32.93 | 26.38 |
| - 12 - | 5°21′ W | 5. | 0.4 | 32.96 | 26.46 2 | - 12 noon | 74°30′ N 6°29′ W | 0 | 3.0 | | 5 |
| 10, 2 a. m. | 2 | 0 | 1.2 | | 1000 | - 12 - | 0.20 | 5. | 2.7 | 34.12 | 27.24 |
| . 2 . | | 5. | 1.0 | 33·31 33·17 | 26·70 26·59 | - 2 p. m. | | 0 5* | 2.8 | 34.22 | |
| . 6 . | , 74°14' N | 0 | 0.8 | 33.02 | 26.48 | - 4 - | | 0 | 2.8 | 33.99 | 27·30 27·12 |
| . 8 . | 5°22' W | 0 | 0.5 | 32.84 | 26:37 | - 6 - | 74°34' N 6°27' W | 0 | 2.5 | 33.79 | 27.00 |
| - 10 - | | 0 | 1.0 | 33.13 | 26:57 | - 8 - | 2·1° SE 1 | 0 | 2.3 | 33.23 | 26.55 |
| - 12 noon | 74°15′ N 5°23′ W | 0 | 1:3 | 33:31 | 26·70 3 | - 10 - | | 5. | 0.7 | 32.61 | 26.15 |
| - 12 - | 0.20 11 | 5 | 1.4 | 33.33 | 96:70 | - 12 midn. | , 74°38′ N | 0 | 0.2 | 32.23 | 25.89 |
| - 12 - - 2 p. m. | | 10* | 1.5 | 33.54 | 26.87 3 | - 12 - | 6°25' W | 5. | 0.6 | 02.20 | 100 |
| - 2 - | | 5" | 1.2 | 33.19 | 26.61 3 | 13, 2 a. m. | | 0 | 1.3 | 32.77 | 26.26 |
| - 4 - | 74°19' N | 0 | 1.0 | 33.18 | 26.61 | - 4 - | | 5. | 0.5 | 32.87 | 26.38 |
| - 6 - | 5°43' W | 0 | 0.8 | 33.04 | 26.51 | - 4 - | 20000 | 5. | 6.6 | 32.49 | 26.08 |
| - 6 - | 0.4° WNW 1 | 5. | 0.8 | 33.03 | 26.20 3 | - 6 - | 74°41' N 6°22' W | 0 | 0.7 | | 5 |
| - 8 - | OT WAY | 5* | 0.7 | 32.92 | 26.42 3 | - 8 - | 1.6° EbN 1 | 0 | 0.6 | 32.42 | 26.02 |
| - 10 - | | 5* | 0.4 | 32·73 32·78 | 26·27 ° 26·31 | - 8 - | | 5. | 0.7 | 32.61 | 26.14 5 |
| - 10 - | | 10° | 0.4 | 32.82 | 26.35 | - 10 - | 147.50 x 177 | 5. | 1.2 | 32.53 | 26.07 |
| - 10 - | | 15° 20° | 0.0 | 33.60 33.78 | 26·99 27·15 | - 12 noon | 74°45′ N 6°20′ W | 0 | 1.0 | 32.56 | 26.11 |
| - 10 - | 1 | 25. | -0.1 | 33.79 | 27.16 | - 12 - | 0 20 11 | 5. | 1.1 | 11 | 5 |
| - 12 midn. | 74°23' N 6°3' W | 0 | 0.4 | | 3 | - 2 p. m. | P | 5. | 1.8 | 33.13 | 26.51 |
| 11, 2 a. m. | 0 0 W | 0 | 0.5 | | 3 | . 4 . | | 0 | 1.5 | | 2031 5 |
| - 2 - | | 5* | 0.6 | 32·92 33·13 | 26.42 a 26.57 a | . 4 . | 74°56' N | 5* | 1-20 | 32.95 | |
| - 6 - | , 74°26' N | 0 | 1.2 | 33.22 | 26.63 ³ | - 6 - | 5°00' W | 0 | 1.3 | 33.12 | 26.54 5 |
| - 8 - | 6°24' W | 12.0 | 1.8 | 33.15 | 26.54 3 | - 6 - | 1.2 NNE 1.5 | 5* | 0.5 | 32·95 32·58 | 00.10 5 |
| - 10 - | 0.2° SSW 0.5 | 0 | 1.0 | 32.75 | 26.27 | - 10 - | | ő | 1.4 | 33.24 | 26·16 5 26·63 5 |
| - 12 noon | 74°30′ N 6°55′ W | 0 | 0.6 | | | - 12 midn. | 75°7′ N 3°40′ W | U | 1.0 | 32.87 | 26:36 |
| - 12 - | 0 35 W | 5* | 1.0 | 32.68 | 26.21 3 | 14, 2 a. m. | . 5 40 W | 0 | 0.6 | 32.59 | 26.16 6 |
| · 2 p. m. | | 5. | 1:0 | 32.73 | 26.24 | - 4 : | | 5 | 0.6 | 33.24 | 26.68 |
| . 4 . | | 0 | 0.5 | 27.157 | | - 6 - | , 75°18′ N | 0 | 0.7 | 00 21 | 20 00 |
| - 4 - | 74°30′ N | 5* | 08 | 32.49 | 26.01 | - 6 - | 2°20′ W | 5* | 0.7 | 32.85 | 26:36 5 |
| - 6 - | 6°47' W | 0 | 0.1 | 32.21 | 25.58 | - 8 - | 1.0° NNE 1.5 | 0 | 1.3 | 17.55 | |
| - 8 - | 0.5° SW 0.5 | 0 | 0.0 | | 4 | - 8 - | | 5* | 1.2 | 33.91 | 27.18 7 |
| - 10 - - 12 midn. | | 0 | -0.0 | | 4 | - 10 - - 10 - | | 5. | 2.0 | 34:34 | 27.47 |
| 12 2 a. m. | | 0 | 0.0 | | 4 | - 12 noon | 75°30' N 1°2' W | 0 | 2.3 | 34.45 | 27:53 |
| : 4 : | - T. C. | 5* | -0.5 | 32.26 | 25.92 | - 12 - | 1 2 W | 5* | 2.3 | 34:34 | 27.45 |
| - 6 - | 74°30′ N | 0 | 0.2 | | 4 | - 2 p. m. | | 0 5 | 2.4 | 34.23 | |
| - 6 - | 6°39' W | 5* | 0.2 | 32.20 | 25.86 4 | - 4 - | | 0 | 2.4 | 04 23 | 27:35 7 |
| - 8 - | 05 SSW 05 | 0 | 0.6 | | | - 4 - | 75°41′ N | 5* | 2.4 | 34.33 | 27.32 |
| - 8 - | | 5. | 0.6 | 32.53 | 26.11 4 | - 6 - | 0°5′ W | 0 | 2.0 | 34.45 | 27.53 |

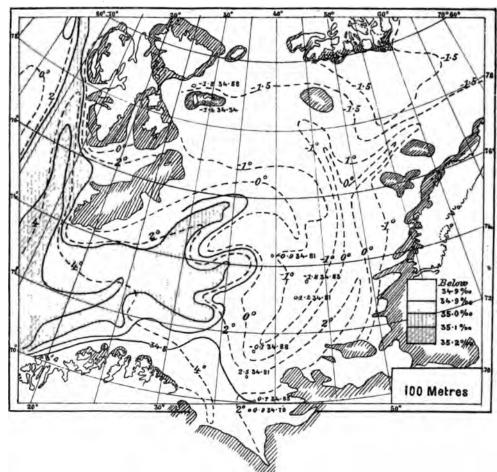
¹ Along ice-edge. Sea light green. ² In open sea, colour light green. ³ In slack ice. Sea light green. ⁴ In slack ice. Sea green. ⁵ In open sea, colour dark green. ⁶ Along ice-edge. Sea dark green. ⁷ Sea dark blue.



-

•





.

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | a _t | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | o _t |
|---------------------|---|--------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------|
| August 1901 | F000: 47 | M. | ° C. | 0/00 | | August 1901 | | M. | ° C. | 0/00 | |
| 7, 4 a. m. | 76°6' N 12°12' E | 0 | 2.6 | 34.02 | 27.16 1 | 10, 10 p. m. | | 0 | 2.5 | 1.000 | 5 |
| - 6 - | 12 12 1 | 0 | 3.1 | 34:39 | 27.42 1 | - 12 midn. | | 0 | 2.7 | | 5 |
| - 8 - | 76°6′ N | 0 | 3.2 | 34.51 | 27:50 1 | 11, 2 a. m. | | 0 | 2.7 | | . 5 |
| - 10 - | 17°55′ E 3·3° NW 3 | 0 | 3.2 | 34.17 | 27.23 1 | - 6 - | A 20 222222 | 0 | 2.3 | | 5 |
| - 12 noon | 76°6' N | 0 | 3.2 | 34.08 | 27:16 2 | - 8 - | 2.5° WNW 1 | 0 | 2.4 | | 5 |
| - 12 - | 18°30' E | 5 | 3.4 | 34.12 | 27.17 3 | - 12 - | | 0 | 2.8 | | 5 |
| - 2 p. m. | | 0 | 3.3 | 200 | A Section of | 2 p. m. | | 0 | 3.2 | | 5 |
| - 2 - | .76°48' N | 5* | 3.5 | 34.04 | 27.09 | 1000 | Sailed from | 0 | 100.0 | | 6 |
| - 4 - | 19°00' E | 0 | 3.2 | 33.93 | 27.03 3 | - 6 - | Deevie Bay | 100 | 2.1 | | 7 |
| . 6 - | EEGADANI | 0 | 3.0 | 33.94 | 27.04 3 | · 8 · | 2.0° WNW 1 | 0 | 0.6 | 32.60 | 26.177 |
| - 8 - | 77°10′ N 20°00′ E | 0 | 2.8 | 33.96 | 27.10 | - 12 midn. | 77°26' N | 0 | 0.9 | 32.66 | 26.197 |
| - 10 - | 3.2° NW 3 | 0 | 3.2 | 34.04 | 27.12 | - 12 - | 24°00′ E | 5* | 1.2 | 32.76 | 26.27_ |
| - 12 midn. | 76°57′ N 21°13′ E | 0 | 3.2 | 33.89 | 27.00 | 12, 2 a. m. | 200 | ő | 0.9 | 32.81 | 26.327 |
| 8, 2 a. m. | | 0 | 2.8 | 34.11 | 27.22 3 | - 4 - | 77°34′ N 24°22′ E | 0 | 1.0 | 33.08 | 26.537 |
| - 4 - | 77°23' N 21°5' E | 0 | 2.5 | 34.01 | 27.16 | - 6 - | 724 22 E | 0 | 1.0 | 32.81 | 26.317 |
| - 6 - | 21 5 E | 0 | 2.2 | 33-31 | 26.63 | . 6 - | 4.00 NINTE 4 | 5* | 1.1 | 32.82 | 26.317 |
| - 8 - | Deevie Bay | 0 | 0.5 | 33.50 | 26.90 4 | - 8 - | 1.9° NNE 1 77°36' N | 0 | 1.3 | 00.04 | 20.10 |
| - 10 - | 2:5° W 2:5 | 0 | 0.6 | 200 | 4 | . 8 . | 24°35′ E | 5. | 1.4 | 33.04 | 26.48 |
| - 10 - | | 5* | 0.8 | 34.27 | 27.43 4 | - 10 - | | 0 5 | 1.4 | 33:31 | 26.69 |
| - 12 noon | At anchor in | 0 | 2.3 | 33.29 | 26.60 5 | - 12 noon | , 77°36′ N | 0 | 1.4 | 33.21 | 26.6010 |
| - 2 p. m. | Deevie Bay | 0 | 2.2 | | 5 | - 12 - | 125°00′ E | 5. | 14 | 00 21 | 20 00 |
| - 6 - | | 0 | 2.2 | | 5 5 | - 12 - | | 10 | 1.5 | 33.22 | 26.62 |
| - 8 - | 3.5 SW 0.5 | 0 | 2.2 | | 5 | - 2 p. m. | | 0 | 1.5 | 00.44 | |
| - 12 midn. | | 0 | 2.4 | | 5 5 | - 2 - | 77°37′ N | 5* | 1.6 | 33.11 | 26.51 |
| 9, 2 a. m. | | 0 | 2.3 | | 5 | - 4 - | 25°20' W | 0 | 1.5 | | |
| - 4 - | | 0 | 2.3 | | 5 | - 4 - | | 5' | 1.5 | 32.77 | 26.24 |
| - 8 - | 100000000000000000000000000000000000000 | 0 | 2.2 | | 5 5 | - 6 - | | 5* | 1.5 | 32.76 | 26.24 |
| - 10 - - 12 noon | 1.8° WSW 1 | 0 | 2·3 2·5 | | 5 | · 6 · | 25805 | 10* | 1.5 | 32.78 | 26.25 |
| - 2 p. m. | | 0 | 2.6 | 33.20 | 26.51 5 | - 8 - | 77°39' N | 5' | 502 | 32.79 | 20,00 |
| - 4 - | | 0 | 2·5 2·5 | 1 | 5 | | 25°40′ E | 100 | 1.5 | 92 /9 | 26.26 |
| | (Went out | 300 | 10202 | | 6 | · 10 · | | 5* | 1.6 | 33.27 | 26.64 |
| - 8 - | from Deevie Bay | 0 | 2.5 | | | - 12 midn. | 77°41' N | 0 | 1.6 | 33.28 | 26.658 |
| - 10 - | Cheevie Day | 0 | 0.7 | 33.31 | 26.73 | 13. 2 a. m. | 25°12′ E | 0 | 1.8 | 32.94 | 26.359 |
| - 12 - | At anchor in | 0 | 2.3 | | 5 | - 4 - | ,77°52' N | 0 | 1.9 | 33.60 | 26.889 |
| 0, 2 a. m. | Deevie Bay | 0 | 3·0 2·5 | | 5 | . 6 . | 25°47′ E | 11.2 | 1.6 | 33.78 | |
| - 6 - | June 163 | 0 | 2.5 | | 5 5 | . 8 . | 1.5° SW 0.5 | 0 | 1.6 | 99 19 | 27.059 |
| - 8 - | 3.5° SSE 1.5 | 0 | 2·3 2·3 | | 5 | - 8 - | 78°4' N | 5* | 1.6 | 33.80 | 27.06 |
| - 10 - - 12 noon | | 0 | 2.4 | | 5 | - 10 - | 23°51′ E | 0 | 1.8 | 33.62 | 26.919 |
| 2 p. m. | | 0 | 2.4 | | 5 | - 10 - | 14 | 5" | 1.8 | 33.72 | 26.99 |
| - 6 - | 1 4 | 0 | 2·5 2·5 | | 5 | - 10 - | | 10° 15° | 1.9 | 33·78 33·83 | 27·03 27·07 |
| . 8 - | 3:0° SE 2:5 | 0 | 2.5 | | 5 | - 10 - | | 20* | 1.8 | 33.91 | 27.14 |

¹ Sea dark green. ² Sea blue and very clear. ³ Sea dark blue. ⁴ Sea grayish-blue. ⁵ Remained Deevie Bay. ⁶ Left Deevie Bay. ⁷ Sea grayish-green. ⁸ Sea light blue. ⁹ Sea light blue and very clear. ⁸ Strong current NW-SE, which seemed to change regularly.



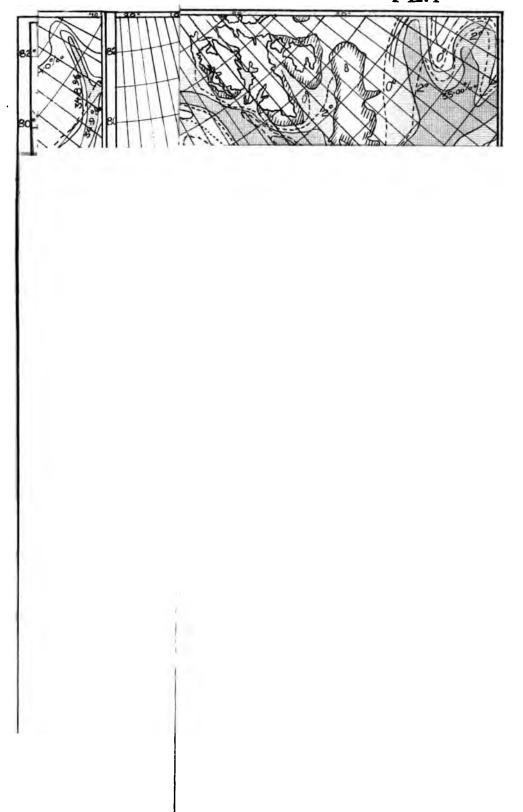
-

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- | Salinity o/oo | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
|--|------------------------------------|--------------------|-------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------------------|--------------------|----------|------------------|-----------------------|
| August 1901 | | M. | °C. | 0/00 | | August 1901 | | M. | °C. | 0/00 | |
| 17, 10 p. m. | | 15. | -0.7 | 33.95 | 26:31 | 19, 10 a. m. | 3172 5 | 5* | 0.2 | 33.00 | 26.51 |
| - 10 - | | 20* | -0.7 | 34.02 | 27:37 | - 12 noon | 79°1′ N 25°14′ E | 0 | 0.7 | 32.84 | 26.35 |
| - 10 - | 79°2' N | 25 | -0.7 | 34.13 | 27.45 | - 12 - | 25 14 E | 5* | 0.8 | 33.19 | 96.63 |
| - 12 midn. | 24°46′ E | 0 | 0.4 | 32.84 | 26:37 1 | - 12 - | | 10* | 1.0 | 33.47 | 26.83 |
| - 12 - 18, 2 a. m. | | 5* | -1·0 | 33·21 32·03 | 26·67 25·78 1 | - 2 p. m. | | 0 5• | 0.5 | 33.28 | 26.67 |
| - 4 - | 78°57' N | 0 | -0.2 | 02.00 | 1 | - 4 - | , 78°56' N | 0 | 1.0 | 00.20 | 1 |
| | 24°32′ E | 5. | -0.1 | 32.47 | 26.09 | . 4 . | 25°52′ E | 5. | 1.1 | 32.39 | 25.97 |
| - 4 - | | 0 | 0.1 | 32.51 | 26.12 1 | . 6 . | W 100 /11 | ő | -0.2 | 32.20 | 25.88 |
| - 6 - | | 5* | 0.2 | 33.02 | 26.52 | - 8 - | 0.0° SSE 1 | 0 | -0.5 | | 1 |
| - 6 - | 1.0 NNW 0.5 | 10* | 0.2 | 33.11 | 26.59 | - 8 - | 79°00′ N 26°40′ E | 5* | -0.8 | 32.34 | 26.01 |
| - 8 - | 79°3′ N | 1.00 | 1000 | 99.05 | 20.70 | - 10 - | 20 40 E | 0 | -0.1 | | 1 |
| - 8 - | 24°45′ E | 5. | 0.5 | 33.05 | 26.53 | - 10 - | -00-1 N | 5* | -0.1 | 32.36 | 26.00 |
| - 10 - | | 0 | -0.3 | 32.78 | 26.35 | - 12 midn. | 79°7′ N 26°32′ E | 0 | -0.7 | 32.04 | 25.78 2 |
| | 79°3′ N | 0 | 0.3 | 32.39 | 26.02 1 | - 12 - | 20 02 15 | 5. | 0.1 | 33.28 | 26.74 |
| A CONTRACTOR OF THE PARTY OF TH | 24°49′ E | | 10000 | 123030 | | 20, 2 a. m. | | 0 | 0.3 | 32.44 | 26.06 ° 26.86 |
| - 12 - | | 5° | 0.4 | 32·85 33·22 | 26·38 26·67 | - 2 - | , 79°00' N | 5. | 1.6 | 00 04 | 20 00 |
| - 12 - | | 15* | 0.8 | 33.20 | 26.88 | - 4 - | 26°43′ E | 0 | 0.6 | | |
| - 12 - | | 20* | -0.6 | 34.15 | 27:48 | 6 6 - | | 5* | 0.7 | 32·74 32·29 | 26·27 2 25·93 2 |
| - 12 - - 12 - | | 25° 16° | -0.6 1.1 | 34·18 33·57 | 27·50 26·90 | 66 - | | 0 5* | 0.6 | 33.24 | 26.68 |
| - 12 - | | 17. | 0.5 | 33.69 | 27.04 | - 6 - | 200 | 10* | 0.7 | 33.67 | 26.02 |
| - 12 - | | 18* | 0.1 | 33.84 | 27.18 | - 8 - | 1.5° Calm | 0 | 0.4 | 2.70 | |
| - 12 - - 12 - | | 19° 20° | -0.3 | 33·98 34·07 | 27·31 27·39 | - 8 - | 79°1′ N 26°43′ E | 5* | 0.8 | 33.14 | 26.59 |
| - 12 - | | 25* | -0.4 | 34.17 | 27.48 | - 10 - | | 0 | 1.3 | | 2 |
| - 2 p. m. | | 0 | 0.3 | 99.04 | 5 0 0 0 | - 12 noon | 79°00' N | 0 | 1.7 | | 2 |
| - 2 - | 79°4' N | 5. | 0.3 | 32.94 | 26.45 | - 2 p. m. | 26°39′ E | 0 | 1.8 | | 2 |
| - 4 - | 20°55′ E | 0 | 0.0 | 1000 | | . 4 . | 79°10' N | 0 | 1.2 | | 2 |
| - 4 - | | 5. | 0.0 | 32·69 32·42 | 26·25 2 | - 4 | 27°25′ E | 5. | 1.4 | 33.34 | 26.71 2 |
| - 6 | | 5. | 0.2 | 32.67 | 96-94 | | | 0 | 0.2 | Below | 20 11 2 |
| - 6 - | | 10* | 0.3 | 33.01 | 26.51 | - 6 - | | 1.7 | | 320/00 | 26.41 |
| - 8 - | 1·2° NE 0·5 79°4′ N | 0 | 0.5 | | | - 6 - | | 5° 10° | 0.7 | 32·94 33·71 | 27.06 |
| - 8 - | 20°55' E | 5. | 0.5 | 32.91 | 26.42 | - 8 - | -0.6° NNE 0.5 | 0 | -0.5 | 00 11 | 2.002 |
| - 10 - | 27.00 | 0 | 0.8 | 00.00 | 2 20 40 | - 8 - | 79°6' N | 5* | 1.0 | 33.04 | 26.50 |
| - 10 - | 79°3' N | 5* | 0.8 | 33.02 | 26.49 | - 10 - | 27°37' E | 0 | 1.3 | 35-1 | 2 |
| - 12 midn. | 25°5′ E | 0 | 0.3 | 32.60 | 26.19 2 | - 10 - | Carried San | 5* | 1.4 | 33.79 | 27.08 |
| - 12 - | | 5* | 0.6 | 32·83 33·12 | 26.35 26.59 | - 12 midn. | 79°4′ N 27°50′ E | 0 | 1.5 | 33.48 | 26.81 2 |
| - 12 - 9, 2 a, m, | | 10* | 0.4 | 32.43 | 26.05 2 | 21, 2 a. m. | 27 30 E | 0 | 0.8 | 32.71 | 26.24 2 |
| 2 - | 2000 Z | 5* | -0.3 | 32.77 | 27.34 | . 2 . | | 5* | 100 | 33.25 | The same |
| - 4 - | 79°3′ N 25°5′ E | 0 | 0.2 | 12.4 | 2 | - 4 - | 79°6' N 29°17' E | 0 | 0.0 | 32.49 | 26.11 2 |
| - 4 - | 20 0 E | 5. | 0.0 | 32.56 | 26·16 2 | - 6 - | | 0 | -0.5 | 32.43 | 26.08 2 |
| - 6 - | | 0 | 0.1 | 32.54 | | - 8 - | -0.8 NE 1 | 0 | 0.0 | 15.5 | 100 |
| - 6 - | | 5° 10° | -0·1 | 32·50 32·77 | 26.33 5 | . 8 - | 79°9' N 30°14' E | 5* | 0.3 | 32.56 | 26.15 |
| 8 - | 0.8° SE 0.5 | 0 | 0.2 | 0211 | 2000 2 | - 10 - | 30 11 13 | 0 | 0.1 | 3.7 | 1 |
| - 8 - | 79°3′ N | 5* | 0.1 | 33.00 | 26.52 | - 10 - | 79°5′ N | 5* | 0.3 | 32.68 | 26.25 |
| 10 . | 25°5′ E | 0 | 0.3 | 1 | 2 | - 12 noon | 31°00′ E | 0 | 0.5 | 32.62 | 26.19 1 |

¹ Through ice, Sea blue. ² Along ice-edge, Sea blue.



PL.Y



136 FRIDTJOF NANSEN. AMUNDSEN'S OCEANOGR. OBSERVATIONS ETC. M.-N. Kl.

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- | Salinity 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- | Salinity 0/00 | J _t |
|------------------|------------------------------------|--------------------|----------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------------------|--------------------|------------|------------------|----------------|
| August 1891 | | M. | °C. | 0/00 | | August 1901 | | M. | ° C. | 0/00 | |
| 27, 12 midn. | | 5* | 0.7 | 33.72 | 27:06 | 29, 12 midn. | 77°38' N | 0 | 1.9 | 33.24 | 26.60 |
| 8, 2 a. m. | | 5. | 0.7 | 33.67 | 27:02 | 30, 1 a. m. | 32°00' E | 0 | 1.7 | 33.21 | 26.58 |
| 18-10 | (King Charles | | | 300. | 1 | - 2 - | 1 | o | 1.9 | 33.28 | 26.62 |
| - 4 - | Land in NW, 8 miles off | 0 | 1.3 | | | - 3 - | 77°21' N | 0 | 1.9 | 33.23 | 26.59 |
| - 4 - | , o miles on | 5. | 1.0 | 33.03 | 26.48 | - 4 - | 31°20' E | 0 | 2.0 | 33.33 | 26.66 |
| - 6 - | 78°32′ N | 0 | 1.3 | 32.95 | 26.41 | - 5 - | | 0 | 2.1 | 33.54 | 26.82 |
| - 8 - | 32°12′ E | 0 | 1.3 | 32.89 | 26:36 | - 6 - | | 0 | 2.1 | 33·58 33·47 | 26.86 26.76 |
| - 10 - | -2.2 NNE 1 | 0 | 1.3 | 33.13 | 26.55 | - 8 - | 77°4' N | 0 | 2.1 | 33.60 | 26.77 |
| - 10 - | , 78°30′ N | 5* | 1.1 | 33.40 | 26.78 | . 9 - | 30°40′ E | 0 | 2.1 | 33.62 | 26.89 |
| - 12 noon | 33,30, E | 0 | 1.4 | 33.15 | 26.56 | - 10 - | 1 3° NEbN 1.5 | 0 | 2.1 | 33.51 | 26.80 |
| - 12 - - 12 - | | 5° | 1.5 | 33.20 | 26·59 26·52 | - 11 - | . 76°47' N | 0 | 2.1 | 33.49 | 26 78 |
| 2 p. m. | | 0 | 1.4 | 33.22 | 00.00 1 | - 12 noon | 30°00' E | 0 | 2.2 | 33.49 | 26.77 |
| - 2 - | 78°32' N | 5* | 1.4 | 33.24 | 26.63 | - 1 p. m. | 30 00 E | 0 | 2.3 | 33.53 | 26.79 |
| - 4 - | 33°50' E | 0 | 0.9 | 33.24 | 26.66 | - 2 - | | 0 | 2.4 | 33.58 | 26.83 |
| - 6 - | 78°33' N | 0 | 0.8 | 33.04 | 26.51 3 | - 3 - | 76°29′ N | 0 | 2.4 | 33.58 | 26.83 |
| - 8 - | 34°10′ E | 0 | 0.2 | 32.95 | 26.47 3 | . 4 . | 29°33′ E | 0 | 2.6 | 33.68 | 26.89 |
| - 10 - | 2·5° N 1 | 0 | 0.4 | | 3 | - 5 - | | 0 | 2.6 | 33·64 32·72 | 26.86 26.93 |
| - 10 - | 78°35′ N | 5* | | 33.04 | 9 | . 7 . | Estatore 1 | ŏ | 2.4 | 33.78 | 26.99 |
| - 12 midn. | 34°29′ E | 0 | 0.3 | 32.94 | 26.45 3 | - 8 - | 76°11' N 29°6' E | 0 | 2.6 | 33.78 | 26.98 |
| - 12 - - 12 - | | 5° | 0.4 | 32·95 33·08 | 26·46 26·57 | - 9 - | | 0 | 2.7 | 33.78 | 26.97 |
| 9. 2 a. m. | | 0 | 0.5 | 33.07 | 26.55 | - 10 - | 0.7° NE 1 | 0 | 2.7 | 33.78 | 26.97 |
| - <u>2</u> - | | 5° 10° | 0.7 | 33·09 33·22 | 26.55 | - 11 - | 75°53′ N | 0 | 2.7 | 33.74 | 26.93 |
| . 2 . | | 15. | 0.7 | 33.27 | 26·66 26·69 | - 12 midn. | 28°36′ E | 0 | 2.7 | 33.75 | 26.94 |
| - 2 - | | 20* | 0.3 | 33:34 | 26.78 | 31, 1 a. m. | | 0 | 2.4 | 33·90 33·82 | 27.08 27.00 |
| - 2 - | , 78°39' N | 25* | -0.1 | 33.49? | 26.91 | - 3 - | | ŏ | 2.5 | 33.86 | 27.03 |
| . 4 - | 34°10′ E | 0 | -0.3 | 32.71 | 26.28 4 | - 4 - | 75°35′ N 28°9′ E | 0 | 2.5 | 33.78 | 26.98 |
| - 6 - | 78°44' N | 0 | -0.5 | 32.79 | 26.36 4 | - 5 - | 200 1 | 0 | 2.6 | 33.72 | 26 93 |
| 88 - | 34°00′ E | 0 | 0.2 | 32.95 | 26.47 4 | - 6 - | | 0 | 3.0 | 33·69 33·69 | 26.87 |
| - 10 - | -1'3 NNW 1'5 | 0 | -0.5 | 32.67 | 26.27 4 | - 8 - | 75°18' N | 0 | 3.0 | 1600001 | 26·87 |
| - 12 noon | 78°29' N 34°25' E | 0 | 1.2 | 33.03 | 26.48 5 | . 9 . | 27°42′ E | 121 | 100.00 | 33.66 | |
| - 12 - | 04 20 E | 3. | 4.0 | 00.03 | 11.00 | - 10 - | 1.9° NNE 1 | 0 | 3.1 | 33·49 33·50 | 26·67 26·67 |
| - 2 p. m. | | 0 | 1.0 | 33·02 33·15 | 26.47 26.58 5 | - 11 - | DEDOOU N | 0 | 3.2 | 33.58 | 26:76 |
| - 3 - | 700104 N | 0 | 1.3 | 33.06 | 26.49 | - 12 noon | 75°00′ N 26°20′ E | 5 | 3.3 | 33.59 | 26.77 |
| - 4 - | 78°12′ N 33°20′ N | 0 | 1.3 | 33.17 | 26.58 | - 1 p. m. | | 0 | 3.2 | 33.65 | 26:81 |
| - 5 - | | 0 | 1.3 | 33.08 | 26.51 6 26.41 6 | - 2 - | | 0 | 3·3 3·5 | 33.64 33.72 | 26·79 26·84 |
| - 6 - | | 0 | 1.5 | 32.98 | 26.41 6 26.50 6 | . 4 . | , 74°47' N | 0 | 3.6 | 33.62 | 26.76 |
| 0 | , 77°55′ N | 0 | 1.2 | 33.05 | 26.49 6 | | 26°3′ E | 1.6.1 | | | 26.68 |
| | 32°40' E | 0.1 | 1.6 | 33.05 | 20 49 9C:47 6 | - 6 - | | 0 | 3.6 | 33·53 33·54 | 26:70 |
| - 10 - | -0.3° N 2 | 0 | 1.7 | 33.11 | 26.47 6 26.50 6 | . 7 . | 740047 57 | Õ | 3.4 | 33.51 | 26.69 |
| - 11 - | 1 | 0 | 2.0 | 33.33 | 26.66 6 | - 8 - | 74°34' N 25°26' E | 0 | 3.4 | 33.21 | 26.69 |

¹ In open sea, colour blue. ² A red medusa, of 15 cm. diameter, was seen. ³ Through ice, sea blue. ⁴ In ice, sea grayish-blue. ⁵ Sea somewhat darker blue. ⁶ Sea dark blue. ⁷ Sea blue. The sea becomes darker gradually as the temperature rises.

| Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tempera- ture | Salinity 0/00 | σ _t | Date and Hour | Locality AirTemperature Wind | Depth in Metres | Tompera- ture | Salinity 0/00 | σ _t |
|------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|--|----------------------|------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|
| August 1901 | | M. | ° C. | °/00 | | Sept. 1901 | | M. | ° C. | 0/00 | |
| 31, 9 p. m. | | 0 | 3·5 | 33.58 | 26·73 1 | 2, 5 a, m. | | 0 | 80 | 34.83 | 27:1 |
| - 10 - | 1.0° NNE 0.5 | 0 | 3.6 | 33.50 | 26.66 | · <u>6</u> · | | 0 | 7.9 | 34.84 | 27:19 |
| - 11 - | , 74°21′ N | 0 | 3.7 | 33.21 | 20.00 | - 7 - | . 71°40′ N | 0 | 7-9 | 34.86 | 27-9 |
| - 12 midn. | 25°29′ E | 0 | 3.7 | 33.50 | 26·65 ¹ | - 8 - | 24°48′ E | 0 | 7.9 | 34.87 | 27-2 |
| | | | | | | - 9 - | - 00 · | 0 | 8.1 | 34.88 | 27.1 |
| Sept. 1901 | | | | | | - 10 - - 11 - | 5·3° ENE 1 | 0 | 8·0 8·0 | 34·88 34·88 | 27·9 27·9 |
| 1, 1 a. m. | | 0 | 3.7 | 33.53 | 26·67 1 | | 71°10° N | | | | ł |
| - 2 - | | 0 | 3.9 | 33.58 | 26·70 : | - 12 noon | 24°50′ E | 0 | 8.1 | 34.88 | 27.1 |
| - 3 - | . 74°00′ N | 0 | 3.9 | 33.61 | 26.72 | 1 p. m. | | 0 | 8·1 8·2 | 34·88 34·89 | 27·1 27.1 |
| - 4 - | 25°12′ E | 0 | 4.0 | 33.65 | 26·74 ¹ | - 3 - | | ŏ | 8·2 | 34.89 | 27.1 |
| - 5 - | | 0 | 4.0 | 33.65 | 26·74 1 | - 4 - | 71°23′ N | 0 | 8.5 | 34:86 | 27.1 |
| · 6 · | | 0 | 5.5 | 34·32 34·35 | 27·10 1 27·13 1 | . 5 . | ₹23°12′ E | 0 | 8:8 | 34.80 | 27.0 |
| - | , 73°50′ N | • | 5.5 | | 27 15 | - 6 - | | Ö | 85 | 34.91 | 27.1 |
| - 8 - | 24°56′ E | 0 | 5.7 | 34.36 | 27·11 1 | _ | North point | | | | |
| - 9 - - 10 - | 1.8° NE 1.5 | 0 | 5·3 5·7 | 34·24 34·46 | 27·06 1 27·18 1 | - 8 - | Sørø in SbE, 4 miles off | 0 | 8.9 | 34.69 | 26-9 |
| - 10 - | 1.0 MF 1.9 | 0 | 5·7 5·5 | 34.46 | 27·18 1 27·20 1 | - 10 - | 4 miles on 4·8 NNE 0·5 | 0 | 90 | 34.64 | 26.9 |
| | ຸ 73°39′ N | | | | | - 12 midn. | 8W point Sore in | 0 | 9·1 | 34.58 | 26.8 |
| - 12 noon | 24°40′ E | 0 | 5.8 | 34.41 | 27·13 ¹ | | SW 16 milesoff | - T | | | |
| - 1 p. m. | | 0 | 5.8 | 34.39 | 27.12 1 | 3, 2 a. m. | SW point Sere | 0 | 9.2 | 34.58 | 26.7 |
| - 2 · - 3 · | | 0 | 5·9 6·0 | 34·46 34·61 | 27·17 1 27·26 1 | - 4 - | inSE,4milesoff | 0 | 9.5 | 34.49 | 26.6 |
| | l. 73°14′ N | | | 1 | 2720 | - 6 - | . i | 0 | 10.0 | 34· 2 5 | 26.3 |
| - 4 - | 24°38′ E | 0 | 6.2 | 34·61 | 27·23 ¹ | - 8 - | Loppen in SSE,8 miles off | 0 | 9.8 | 33.89 | 2 6·1 |
| · 5 - | | 0 | 6·2 7·2 | 34·55 34·48 | 27·19 ¹ 27·00 ¹ | - 10 - | 7° WNW 1 | 0 | 9.3 | 33.03 | 25.5 |
| - 6 - | | 0 | 6.8 | 34.86 | 27·37 1 | - 12 noon | } | 0 | 9.1 | | |
| . 8 - | , 72°49' N | 0 | 7.2 | 34.93 | 27·35 ¹ | · 2 p. m. | | 0 | 9·3 9·2 | | |
| . 9 . | [∤] 24°37′ E | | 7·2 | | 27·33 1 | - 6 - | | ŏ | 9.2 | | |
| - 9 - | 2·8° NE 1·5 | 0 | 7·2 7·8 | 34·89 34·89 | 97.94. | - 8 - | 7·0° W 1 | 0 | 9.1 | | |
| - 11 - | 1 | ŏ | 7.8 | 34.91 | 27.25 ¹ | - 10 - - 12 midn. | | 0 | 9·1 9·0 | | |
| - 12 midn. | 72°24' N 24°43' E | 0 | 7.7 | 34.92 | 27·28 ¹ | 4, 2 a. m. | | ŏ | 90 | | |
| 2, 1 a. m. | 74-45 E | 0 | 7.9 | 34.85 | 97.19 | - 4 - | | 0 | 8-9 | • | |
| - 2 - | l | Ŏ | 7.8 | 34.89 | 27:24 : | - 6 - | 6·5° SW 1 | 0 | 89 82 | | |
| . 3 - | 749F04 N | 0 | 8.0 | 34.83 | 27·17 1 | . 10 | 03 SW 1 | ŏ | 8.5 | | |
| - 4 - | 71°59′ N 24°45′ E | 0 | 80 | 34.80 | 27·14 ¹ | - 12 noon | | ŏ | 8.4 | | |

¹ Sea blue. The sea becomes darker gradually as the temperature rises. ² Sea dark green.

Table II.

Vertical Series of Temperatures, Salinities, and Densities taken at Amundsen's Stations in Arctic Seas, April—August 1901.

Explanation of Table II.

1st Column. Number of Station, where the temperatures and water-samples were taken.
2nd Column. Date and Locality of Station. N indicates North Latitude. E or W Longitude
East or West of Greenwich.

3rd Column. Hour at which the observations were taken.

4th Column. Depth in Metres. A line under the figures indicates bottom.

5th Column. Designation of the Thermometer used. R 9 and R 10 = Nansen Deep Sca
Thermometers (from C. Richter) Nos. 109 and 110 (they were used with the Pettersson-Nansen Insulated Water-Bottle, see pp. 5 and 3). R 13 = Richter Reversing
Thermometer No. 113 (see p. 3). Z 12 and Z 20 = Negretti and Zambra Reversing
Thermometers Nos. 72012 and 72620 (see p. 4). The water-samples were taken
with the small water-bottle of the writer's construction (mentioned p. 1) when the
Reversing Thermometers R 13, Z 12 and Z 20 were used. 638 = Thermometer
No. 638 (see p. 6) used for taking the temperatures with Amundsen's Water-Bottle (see p. 7).

6th Column. Correct Temperature of the Water Strata in situ (referred to the Hydrogen Thermometer). The temperature-readings have been corrected for the instrumental errors; and those of the reversing thermometers also for the errors caused by the higher temperature of the broken off mercury, at the moment the reading was taken.

7th Column. Permillage of Chlorine (Halogen) in Water-Samples, as determined by Titrations (Mohr), made by Mr. I. Leivestad.

8th Column. Salinity $\binom{0}{00}$ computed from the Chlorine, by Knudsen's Tables.

gth Column. Density (σ_t) of Sca Water in situ, referred to a pressure of one atmosphere, and computed from Chlorine and Temperature by Knudsen's Tables.

$$\sigma_t = \left(s \frac{t}{4} - 1\right)$$
. 1000.

Table II. Deep Sea Observations.

| Station | Date and Locality | Hour | Depth in Metres | of a | Corr Tempera- ture in situ | Chlorine Cl %00 | Salinity S ‰ | Density in situ |
|---------|--|---|---|-------------|--|---|---|--|
| 1 | 1901 April 25 , 70°55' N 41° 0' E | 4·10 p. m. | M. 220 | R 10 | ° C. 0·63 | °/₀。 19·135 | °/。。 34·57 | σ _t 27·74 |
| 2 | April 26 ,70°25' N 42°24' E | Noon 11·35 a. m. 11·25 - 11·20 - 11·10 - 11·0 - 10·20 - | 0 10 20 40 60 80 100 | 638 R 10 | -0.3 -0.53 -0.53 -0.53 -0.84 -0.95 -0.88 | 19·21 ·20 ·18 ·165 ·17 ·235 | 34·70 ·69 ·65 ·62 ·63 ·75 | 27.91 .90 .87 .85 .87 .97 |
| 3 | April 28 \ 71°33' N ' 45°30' E | 11.30 a. m. 11.15 - 11.04 - 10.55 - 10.48 - 10.35 - 10.25 - 10.15 - 10.05 - 9.55 - 9.30 - | 0 5 25 35 35 45 70 95 120 145 170 195 215 254 | 638 R 9 | -0·2 -0·23 -0·23 -0·15 0·39 0·45 0·48 0·29 0·21 -0·12 -0·90 | 19°23 235 235 27 29 315 305 32 315 32 315 32 | 34·74 ·75 ·75 ·81 ·85 ·89 ·90 ·90 ·89 ·92 ·90 | 27:93 -94 -91 -97 -98 28:01 -00 -02 -03 -03 -07 -09 |
| 4 | 45°30' E April 30 70°10' N 47°34' E | 0·35 p. m. 0·26 - 0·18 - 0·12 - 0·05 - Noon 11·53 a. m. 11·45 - 11·37 - 11·30 - 11·24 - 11·17 - 11·05 - | 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 1155 125 132 | 638 R 10 | -1'8 -1'82 -1'80 -1'79 -1'31 -1'01 -0'40 -0'37 -0'21 -0'43 -0'68 -0'75 -0'75 | 19·095 1 -03 -045 -045 -145 -175 -245 -27 -28 -28 -285 -285 | 34·50? ·35 ·41 ·41 ·59 ·64 ·77 ·81 ·83 ·83 ·83 ·83 ·84 | 27·79 ? ·70 ·72 ·72 ·85 ·88 ·96 ·28·00 ·01 ·02 ·03 ·03 |

¹ This value of Chlorine seems somewhat high. The water-sample was taken with Amundsen's Water-Bottle, and a little ice may possibly have frozen out on the glass-walls.

| Station | Date and Locality | Hour | Depth in Metres | Designation of Thermometer | Corr. Temperature | Chlorine Cl. % | Salinity S • | Density in silu |
|---------|-----------------------|------------------|-----------------------|----------------------------------|---|-------------------|-----------------|-----------------|
| | 4004 | i | M. | | °C | 0/00 | 0/00 | σ_t |
| _ | 1901 | 0.40 | 1 | 600 | | 19-23 | 35.74 | 27-94 |
| 5 | May 2 | 6·10 p. m. | 0 | 638 R 9 | $\begin{array}{c c} -0.35 \\ -0.30 \end{array}$ | 19 25 | •76 | 95 |
| | 71° 4' N | 6.02 | 10 | K 9 | -0.29 | 235 | .75 | -94 |
| | '45°38' E | 5·57 - 5·51 - | 30 | • | -0·3 2 | -24 | .76 | 95 |
| | | 5.45 | 50 | | -0.32 | 245 | .77 | .95 |
| | | 5.23 | 80 | | -0.25 | -245 | • 77 | -95 |
| | | 4.57 | 90 | • | -0.12 | 265 | -80 | -98 |
| - 1 | | 4:51 - | 100 | | 0.05 | 255 | ·79 | 95 |
| | | 4.45 | 110 | . - | 0.16 | •275 | -82 | .97 |
| | | 4.37 | 120 | · • | 0.16 | •27 | -81 | 97 |
| | | 4.30 | 130 | i - | 0.20 | · 2 85 | ·8 4 | -98 |
| | | 4.20 - | 146 | | 0.21 | ·275 | 82 | -97 |
| | | 4·10 - | 155 | | 0.22 | •27 | ·81 | .96 |
| | | | 166 | ; - | | | | 1 |
| ۵. | 34 0 | 0.00 | _ | 638 | -1.5 | 19.04 | 34.40 | 27.70 |
| 61 | May 9 \69°32' N | 6.30 p. m. | 10 | Z 12 | -1.68 | 025 | 37 | .69 |
| | 45°37' E | 6.24 - | 20 | Z 20 | -1·83 | 03 | -38 | .70 |
| ì | 40.91 F | 5.55 - | 30 | Z 12 | -1.83 | 03 | -38 | •70 |
| - 1 | | 5.38 - | 40 | Z 20 | -1.83 | -03 | •38 | .70 |
| | | 5.25 - | 50 | Z 12 | -1·88 ² | •04 | •40 | ·71 |
| | | 5.10 | 60 | Ž 20 | -1·88 ² | .035 | •39 | ·71 |
| | | 0.10 | 70 | | | | | |
| _ | | | | | 4.0 | 40.00 | 04.00 | |
| 7 | May 13 | 0.20 a. m. | 0 | 638 | -1.2 | 18.965 | 34.26 | 27.58 |
| | 69°40' N | 0.30 - | 25 | Z 12 | [-0.48]3 | 1903 | 38 | [.65] |
| | ¹ 46°30′ E | 44.50 | 40 | Z 20 | -1.69 | 035 | -39 | -70 |
| - 1 | May 12 | 11:53 p. m. | 50 | Z 12 | [-0.79] | 045 | 41 | |
| 1 | | 11.40 - | 60 | Z 20 | -1.14 | 135 | •57 | [·60] |
| 1 | | 10.57 | 70 | Z 12 | $[-0.28]^3$ | 205 | •70 | [68-1 |
| | | 10.45 - | 80 | Z 20 | -1.24 | •245 | .77 | 99 |
| 1 | | 10 10 | | | | | | " |
| 8 | May 16 | 1.45 p. m. | 0 | 638 | -1.0 | 19.04 | 34.40 | 27:69 |
| 1 | 69°40' N | 1.40 · | 1 1 | • | -0·9 | 035 | 39 | 68 |
| 1 | ¹46°20′ E | 1.35 - | 3 | ١. | -0.9 | -04 | •40 | 68 |
| 1 | | 0.52 - | 5 | R 13 | -0.94 | .025 | .37 | -66 |
| | | 0.23 | 10 | | -1.41 | .025 | ·37 | ·68 ·75 |
| | | 0.10 - | 20 | - | -1.68 | -07 | · 45 | .75 |
| | | 11.55 a. m. | 30 | | -1.78 | -08 | · 4 7 | .77 |
| | | 11.42 - | 40 | - | —1·77 | .09 | · 4 9 | '78 |
| | | 11.10 - | 50 | Z 20 | -1.81 | .08 | 47 | 777 |
| | | 0.38 p. m. | | R 13 | -1.22 | | | |
| | | 10.43 a. m. | 60 | Z 20 | -1.21 | -08 | •47 | .76 |
| | | 10.18 - | 70 | 7.0 | -1·21 | 145 | .29 | 85 |
| 1 | | 0.38 p. m. | • | R 13 | -1·32 | | | 1 |
| _ | | | 80 | | 1 | | | |
| 9 | May 20 | 0.50 p. m. | 0 | 638 | -1.2 | 19.095 | 34.50 | 27:77 |
| ; | 170°0' N | 0.45 p. m. | 5 | | $-1.\tilde{2}$ | 085 | ·48 | ·76 |
| | ¹42°45′ E | 0.40 - | 10 | . | $-1.\overline{2}$ | .095 | •50 | 77 |
| 1 | | , 0.20 | | | | | | |

¹ Another series of water samples (from 1-40 metres) were taken at this Station, between 6.40 and 7.30 p. m. The determinations of Specific Gravity and Chlorine are given on p. 10. ² The readings have probably been slightly too low, which may easily happen with these thermometers, only divided into whole degrees. The freezing-point of this water, was about -1.876° C. ³ The Negretti and Zambra reversing thermometer no. 72012 (Z 12) has obviously not worked properly on this day, and has given erroneous readings.

| Station | Date and Locality | Hour | Depth in Metres | in of | Corr. Tempera- ture in situ | Chlorine Cl % | Salinity S %. | Density in situ |
|---------|---------------------------------|---|--|--|--|---|--|---|
| | 1901 | | M. | | ° C. | °/00 | 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
| | May 20 | 0·23 p. m. 0·08 - 11·40 a. m. 11·25 - 10·37 - 10·20 - | 50 60 70 80 90 100 110 123 | R 13 | -1.79 -1.73 -1.56 -1.45 -1.44 -1.49 | 19·12 ·125 ·13 ·14 ·135 ·265 ·27 | 34·54 -55 -56 -58 -57 -80 -81 | 27.63 .84 .85 .84 28.03 .04 |
| 10 | May 22 | 11·25 p. m. 11·20 - 11·13 - 11·0 - 10·47 - 10·33 - 10·20 - 10·05 - 9·50 - | 0 5 10 25 50 75 100 125 150 | 638 - Z 20 Z 12 Z 20 Z 12 Z 20 Z 12 Z 20 Z 12 Z 20 | -1.6 -1.76 -1.76 -1.69 -1.71 -1.69 -1.03 -0.94 -0.89 | 19·10 ·095 ·095 ·10 ·115 ·23 ·275 ·29 ·305 | 34·51 ·50 ·50 ·51 ·53 ·74 ·82 ·85 ·88 | 27.79 -78 -79 -80 -92 -98 28-03 -05 -07 |
| 11 | May 31 | 10.43 a. m. | 275 | Z 20 | -1.40 | 19.845 | 34.95 | 28.14 |
| | 75°7′ N 36°43′ E | 10.17 - | 300 337 | - | —1·40 | •34 | •94 | •14 |
| 12 | June 5 73°50' N 37°50' E | 5·0 a. m. 4·55 - 4·45 - 4·45 - 4·31 - 4·11 - 4·20 - 3·50 - 4·01 - 3·40 - 3·40 - 2·47 - 2·19 - 1·42 - | 0 5 10 15 50 75 85 100 125 150 175 200 225 250 275 | 638 R 13 | -1·1 -1·0 -1·0 -0·8 -1·34 -0·34 -0·29 -0·29 -0·06 -1·22 -1·23 -1·62 -1·67 -1·70 -1·71 | 19·165 ·175 ·18 ·17 ·20 ·27 ·31 ·31 ·27 ·32 ·31 ·295 ·305 | 34-62 -64 -65 -63 -69 -81 -88 -88 -81 -90 -88 -86 -88 -86 -88 | 27.87 .88 .89 .87 .93 28.00 .01 .01 .27.98 .28.10 .09 .08 |
| 13 | June 19 174°18' N 3°25' E | 10·30 p. m. 10·15 - 9·59 - 9·42 - 9·21 - 8·59 - 8·40 - 8·18 - 7·12 - 6·50 - 6·32 - 6·07 - 5·38 - 5·12 - | 25 50 100 150 200 225 250 275 - 300 400 - 450 500 | 638 2 20 R 13 Z 20 R 13 Z 20 R 13 Z 20 R 13 Z 20 R 13 Z 20 Z | 0·0 -1·15 -1·37 -1·05 -0·99 -1·00 -1·05 -1·23 -1·15 -1·08 -1·11 -1·04 -1·15 -1·04 -1·11 -1·15 | 19-01 -03 -27 -27 -305 -315 -335 -315 -325 -325 -335 -335 -335 -335 | 34·34 ·88 ·81 ·81 ·88 ·89 ·93 ·89 ·91 ·91 ·91 ·93 ·93 ·93 ·93 ·93 ·93 ·93 | 27·60 -68 28·03 -02 -07 -08 -12 -10 -11 -08 -10 -12 -11 |

142 FRIDTJOF NANSEN. AMUNDSEN'S OCEANOGR. OBSERVATIONS ETC. M.-N. Kl.

| Sfation | Date and Locality | Hour | Depth in Metres | ng of g | Corr. Tempera- ture in silu | Chlorine Cl % | Salinity S% | Density m situ |
|---------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------------------|------------------|---|-----------------------|
| | 1901 | | M. | | °C. | 0 00 | 0 00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
| | June 19 . | | 1000 | R 13 | -1·17 | 19:325 | 3 4 ·91 | 28.11 |
| | June 10 | 1·10 p. m. | 1200 | Z 20 | -1.30 | 305 | •875 | -08 |
| | 1 | 0:15 | 4500 | | 1.40 | :31 | ·885 | .09 |
| | | 0.15 - | 1500 | • | -1.40 | .33 | •92 | ·12 |
| 14 | June 20 | 4.05 p. m. | 0 | 638 | 0.2 | 19 035 | 34.39 | 27.62 |
| | 74°5' N 3°27' W | 3·51 - 3·36 - | 20 40 | Z 20 | -0.21 -1.05 | ·18 ·25 | ·65 ·78 | 28·00 |
| | 027 11 | 3.20 - | 60 | - | -1.25 | · 2 8 | •83 | -05 |
| | | 3.04 - | 80 | - | -1.25 | :30 | ·87 | .07 |
| | | 2.46 - | 100 | - | -1.53 | .30 | ·87 | •07 |
| 15 | June 25 | 0.20 p. m. | 0 | R 9 | 0.51 | 18 88 | 34.11 | 27:38 |
| | 74°10' N 1°14' W | 0.30 - | 20 60 | R 13 | 0·26 0·35 | 19·08 ·335 | ·47 ·93 | 28·05 |
| | 1 14 11 | 1.17 - | 70 | - | -0.08 | .32 | .90 | -05 |
| | ŀ | 1.06 - 0.54 - | 80 100 | - | -0·31 -1·04 | ·315 | -89 | -09 |
| | | 1.28 | 150 | | -0.68 | .33 | •92 | .09 |
| | j | 1.54 - | 200 | - | -1.03 | •305 | ·88 | .07 |
| | | 2·06 - 2·30 - | 300 400 | - | -1·16 -1·07 | ·325 ·33 | ·91 ·92 | 111 |
| | | 2.50 - | 500 | - | -1.08 | .32 | -90 | 1 .10 |
| | | 5.17 - | 1000 | ! - : | -1:34 | :335 | .93 | .13 |
| | | 6·03 - 7·24 - | 1500 2000 | : | -1:37 -1:30 | ·31 ·315 | ·88 ·89 | 10 |
| 16 | June 27 | 8.55 a. m. | 0 | R 9 | 0.82 | 19.01 | 34:34 | 27:55 |
| | , 74°48′ N | 9.0 - | 20 | R 13 | 0.26 | .025 | .37 | .60 |
| | ¹ 4°00′ W | 10.02 - 9.52 - | 25 | | 0·26 -0·38 | ·05 | · 42 | •67 |
| | | 9.43 - | 30 | - | -0.33 | ·155 | ·61 | ·83 |
| | | 9.32 - | 40 50 | • | $-0.61 \\ -0.92$ | ·26 ·255 | ·79 ·79 | 99 28·00 |
| | | 9.10 - | 60 | - | -032 -1:05 | 285 | ·84 | -04 |
| | | 10.13 - | 100 | - | -1:10 | 31 | ·88 | .08 |
| | l L | 10 ⁻ 23 | 150 200 | | -1·11 -1·01 | ·31 ·32 | ·88 ·90 | ·08 |
| | | 10.50 - | 300 | - | -1.07 | •32 | •90 | .10 |
| | | 11.07 - | 400 | - | -1.07 | 315 | .89 | .09 |
| | | 11·22 - 11·42 - | 500 600 | | -1·21 -1·24 | ·32 ·32 | 90 90 | ·10 ·10 |
| | | 12·10 p. m. | 700 | - | 1· 2 5 | | | |
| | `, | 12:33 - 3:33 - | 800 1000 | - | 1· 2 5 1· 2 9 | ·325 ·325 | ·91 ·91 | ·11 ·11 |
| | | | - | Z 20 | -1.40 | ·315 | · 89 | •10 |
| | | 4·10 - | 1200 | R 13 Z 20 | -1·30 -1·40 | ·315 | .89 | .10 |
| | | 4.50 - | 1500 | R 13 Z 20 | -1·33 -1·42 | :33 | -92 | ·12 |
| | | 6.0 - | 1700 | R 13 Z 20 | -1·30 -1·39 | ·315 | .89 | ·10 |
| | | 6.56 - | 2000 | R 13 | -1:30 | ·32 | ·90 | ·10 |
| | | | i 1 | Z 20 | -1:39 | ·315 | ·89 | .10- |
| | | | | | i | 1 | | |
| 17 | June 29 | 5.40 p. m. | 0 | 638 P. 12 | 0.7 | 18:71 | 33.80 | 27:12 |
| 17 | June 29 74°42' N 5°51' W | 5.40 p. m. 6.13 - 6.04 - | 0 20 25 | 638 R 13 | 0·7 0·19 -0·14 | ·825 | 33 [.] 80 34 [.] 01 .17 | 27·12 ·32 ·47 |
| 17 | , 74°42′ N | 6.13 - | 20 | | 0.19 | | 34.01 | 32 |

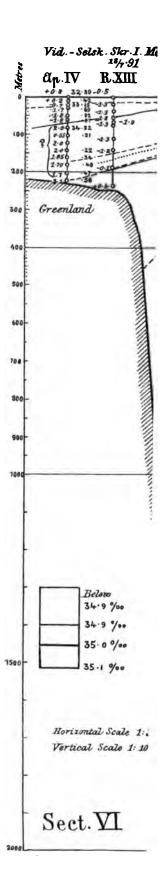
| | | | | | | - | | |
|---------|----------------------|--|-----------------------|--------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|
| Station | Date and Locality | Hour | Depth in Metres | i o g | Corr. Tempera- ture in situ | Chlorine Cl° ₆₅ | Salinity S %, | Density in situ |
| | 1901 | | M. | | ° C. | 0 00 | 0 0 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
| 17 | June 29 | 6·23 p. m. | 60 | R 13 | 0.05 | 19:31 | 34.88 | 28.03 |
| • • | ounc 25 | 8.42 - | 70 | | 0.05 | 31 | · 88 | .03 |
| į | | 9.22 - | 60 | • | -0.09 -0.50 | | | |
| | | 9·36 - 9·50 - | : | Z 20 | -0.42 | ·315 | -89 | -06 |
| | | 10.20 - | - | R 13 | -0.57 | | - | |
| | | 10:35 - | - | Z 20 R 13 | $-0.71 \\ -0.63$ | | | |
| i | | 10 35 - | - | Z 20 | -0.74 -0.74 | | | |
| | | 10 [.] 51 - | - | R 13 | -0.51 | | | |
| ļ | | 11.05 - | | Z 20 R 13 | -0.64 -0.67 | ! | | |
| i | | 11 00 | - | Z 20 | -0.79 | | | • |
| | | 11.15 - | - | R 13 | -0.67 | | İ | ŀ |
| | | 11.31 - | : | Z 20 R 13 | -0·79 -0·67 | -29 | .85 | -04 |
| ! | | | - | Z 20 | -0.79 | İ | - | 1 |
| 18 | July 1 | 1.40 a. m. | 0 | 638 | 1.0 | 18.65 | 33.69 | 27.01 |
| 10 | √74°34′ N | Midn. | 6ŏ | R 13 | -0.67 | 19.27 | 34.81 | 28.01 |
| i | 5°25′ W | | | Z 20 | -0.79 | .005 | | -00 |
| į | | 0·13 a. m. 0·25 - | 100 150 | R 13 | -0.67 -0.68 | ·3 2 5 | 91 | 09 |
| | | 0.39 | 200 | ! : | -0.80 | ·335 | .93 | -11 |
| | | 0.55 - | 300 | ¦ - | -0.92 | 325 | ·91 | 10 |
| | | 1·13 - 1·32 - | 400 500 | [| -1·10 -1·10 | ·325 ·33 | ·91 ·92 | 111 |
| | | | _ | | | 1 | İ | |
| 19 | July 3 | 2 [.] 45 a. m. 3 [.] 12 - | 10 | 638 R 13 | 0·7 0·54 | 18·505 ·515 | 33·43 ·45 | 26 ·83 ·85 |
| ļ | 73°52' N 9°13' W | 3.21 | 15 | K 10 | -0.42 | 57 | 55 | 98 |
| ļ | | 2.51 - | 20 | - | -0.86 | ·775 | .92 | 27.30 |
| ľ | | 3.02 - | 60 | Z 20 R 13 | -0 ⁹⁴ -0 ⁷⁵ | 19:27 | 34:81 | 28.02 |
| | | 3.32 - | 100 | ٠. | -0.52 | •32 | 90 | •07 |
| | | 9.45 | 150 | Z 20 | -0.62 | •32 | .90 | •08 •08 |
| | | 3·45 - 3·59 - | 150 200 | R 13 | -0.68 -0.75 | ·32 ·32 | -90 -90 | •08 |
| 1 | | | - | Z 20 | -0.84 | | | .40 |
| | | 4·16 - 4·41 - | 300 400 | R 13 | -0.92 -0.85 | ·325 ·335 | ·91 ·93 | ·10 |
| i | | *** | 100 | Z 20 | -0.95 | 1 | 36 | |
| | | 5.06 - | 500 | R 13 | -1.01 | '33 | .92 | 111 |
| | | 5.20 - | 700 | Z 20 | -1·12 -1·25 | .33 | .92 | 1 11 |
| 20 | | 36:3 | | | 1 | 40.42 | 99.01 | 26.36 |
| 20 | July 4 | Midn. 9 [.] 35 p. m. | 0 | 638 | -0·1 0·8 | 18·16 •295 | 32·81 33·05 | 20.30 |
| Į | 5°28′ W | 9·33 - | 2ŏ | R 13 | -0.12 | 845 | 34.05 | 27:36 |
| | | 9:21 - | 60 | | -0.83 | 19.26 | .7 9 | -99 |
| | | 9.01 - | 100 | Z 20 R 13 | -0.89 -0.79 | •325 | -91 | 28.09 |
| | | 8.47 - | 150 | - | -0.84 | 345? | | .133 |
| 1 | | 7.95 | ann | Z 20 | -094 | .99 | .02 | -11 |
| 1 | | 7:35 - | 200 | R 13 Z 20 | -0.96 -1.05 | .33 | .92 | ** |
| l | | 7.17 - | 250 | R 13 | -0.99 | ['40] | [35.05[| |
| | | 7.01 - | 300 | Z 20 | -0.96 -1.10 | 325 | 34.91 | .10 |
| į | | 6.41 - | 400 | R 13 | -0.99 | -33 | .92 | •11 |
| | | 6.20 - | 500 | ! - | -1.04 | .33 | 92 | •11 |

| Station | Date and Locality | Hour | Depth in Metres | 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 | Corr. Tempera- ture in situ | Chlorine Cl % | Salinity S % | Density in situ |
|---------|--|--|--|--|---|--|--|--|
| | 1901 | | M. | | ° C. | °/°° | 0/00 | $\sigma_{\mathbf{t}}$ |
| 20 | July 4 | 9·49 p. m. | 500 700 | Z 20 R 13 Z 20 | -1·14 -1·16 -1·21 | 19:335 | 34.93 | 28.12 |
| | | 10·19 - 10·51 - | 1000 1500 | R 13 | -1·16 -1·20 | ·33 ·325 | •9 2 •91 | :11 :11 |
| | | 11:40 - | 2000 | Z 20 R 13 Z 20 | -1.29 -1.26 -1.36 | ·3 2 5 | •91 | -11 |
| 21 | July 8 \ 74°4' N 3°48' W | 9·40 a. m. 9·42 - 10·08 - 9·56 - 10·21 - 10·32 - 10·45 - 10·38 - | 0 20 25 60 100 150 200 300 | 638 Z 20 Z 12 Z 20 Z 12 Z 20 Z 12 Z 20 | 2:3 0:52 -0:18 -0:88 -0:83 -1:03 -1:09 -1:19 | 19·065 ·105 ·17 ·30 ·325 ·325 ·325 ·325 ·315 | 34·44 -52 -63 -87 -91 -91 -91 -89 | 26·52 ·71 ·84 28·06 ·10 ·10 ·10 ·09 |
| 221 | July 10 | 10 ⁻ 0 p. m. | 0 5 10 15 20 25 | 638 - - - - | 0·4 0·6 0·4? 0·2? 0·0? -0·1? | 18·115 ·145 ·165? ·60 ? ·70 ? ·705? | 32·73 ·78 ·82 ? 33·60 ? ·78 ? ·79 ? | 26·27 -31 -35 ? -99 ? 27·15 ? |
| | July 11 July 10 July 11 | 11.08 - 11.21 - 11.85 - 0.25 a. m. 11.47 p. m. 0.10 a. m. 0.48 - 1.11 - 1.13 - | 900 300 400 500 1000 | Z 12 Z 20 Z 12 Z 20 Z 12 Z 20 Z 12 Z 20 | [-0.68] 2 -0.90 [-0.14] 3 -0.98 -0.89 [-0.60] 2 -1.15 -1.15 -1.25 | 19·30 ·32 ·32 ·32 ·31 ·33 ·325 ·325 | 34-87 -90 -90 -90 -88 -92 -91 -91 | 2805 ? -09 -09 -09 -11 -11 -11 |
| 23 | July 11 74°30' N 7°53' W | 8·15 p. m. 8·20 - 8·25 . 8·30 - 8·35 - | 0 5 10 15 20 | 638 - - - | 0·0 0·1 0·0? -0·3? -0·4? | 18·095 ·065? ·41 ? ·435? | 32·69 ·64 ? 33·26 ? ·31 ? | 26·26 ·23 ·74 ·78 |
| | July 12 July 11 July 12 July 11 | 8·40 - 2·44 a. m. 9·4 p. m. 2·26 a. m. 9·18 p. m. 9·34 - 9·52 - 10·19 - 10·38 - 11·01 - 11·26 - | 25 50 60 80 100 150 200 300 400 500 | Z 20 | -0·5? -0·89 -0·21 -0·59 -0·58 -0·61 -0·96 -0·97 -1·04 -1·14 | ·57 ? 19·225 ·30 ·305 ·335 ·325 ·325 ·345? ·335 ·33 | ·55 ? 34·73 ·87 ·87 ·93 ·91 ·91 ·95 ? ·93 ·92 | 98 95 28 03 06 10 08 10 10 13 ? |
| | July 12 | 11.54 - 0.49 a. m. 1.36 - | 1000 1500 2000 | - | -1·24 -1·32 -1·34 | ·33 ·33 ·32 | ·92 ·92 ·90 | ·12 ·12 ·11 |

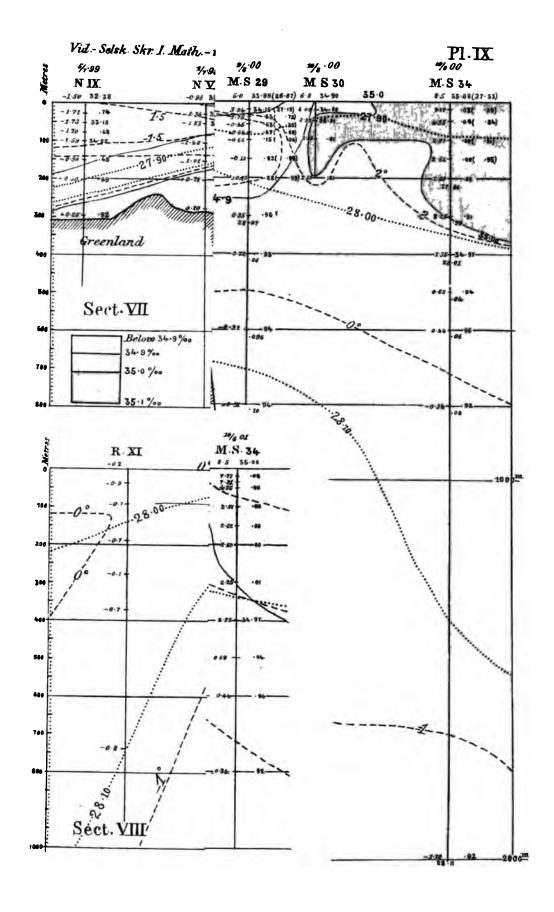
¹ An other series of water-samples (from 1-40 metres) was taken near this Station on July 11, between 60 and 6:30 a.m. The determinations of Specific Gravity and Chlorine are given on p. 10. ² The Negretti and Zambra Reversing Thermometer No. 72012 (Z 12) has obviously given irregular and much too high readings on this day.

| Station | Date and Locality | Hour | Depth in Metres | Designation of Thermometer | Corr. Tempera- ture in situ | Chlorine Cl %0 | Salinity S % | Density in situ |
|---------|---|--|--|----------------------------|--|--|--|---|
| | 1901 | 1 | M. | İ | ° C. | 0/00 | 0/00 | o _t |
| | Aug. 20 23 naut. miles SEbE from Cape Mohn (Northeast Land, Spits- bergen). | 9·11 a. m. 11·50 - 10·35 - 10·30 - 10·25 - 10·90 m. 10·15 a. m. 0·45 p. m. 0·28 - 0·16 - 11·58 a. m. 11·42 - 9·55 - 9·39 - | 0 0 5 10 15 15 20 25 40 60 100 125 150 | 638 | 1.3 1.7 1.3 1.2 0.0 0.2 0.30 0.4 -1.16 -1.44 -1.63 -1.94 -1.80 -1.51 -1.79 | 18'10 -28 -685 -72 -86 -885 -865 -975 -96 19-055 -095 -115 -145 -155 | 32.70 33.03 .76 .82 34.07 .12 .07 .08 .28 .25 .43 .50 .49 .53 | 26-20 -45 -27-05 -11 -38 -40 -36 -36 -60 -58 -72 -79 -78 -82 -85 -88 |
| 25 | Aug. 27 8 miles south of C. Altmann, KingCharles Land | 7·10 p. m. 5·35 - 5·48 - 6·04 - 6·18 - 6·34 - 6·52 - 7·08 - | 164 0 25 30 50 60 80 100 110 120 | 638 Z 20 | 1·3 0·13 -0·63 -1·17 -1·17 -1·25 -1·35 -1·36 | 18:65 ·79 .805 ·935 ·99 19:025 18:99 19:01 | 33·69 ·95 ·97 34·21 ·31 ·37 ·31 ·34 | 26·99 27·27 -33 -54 -62 -67 -63 -66 |







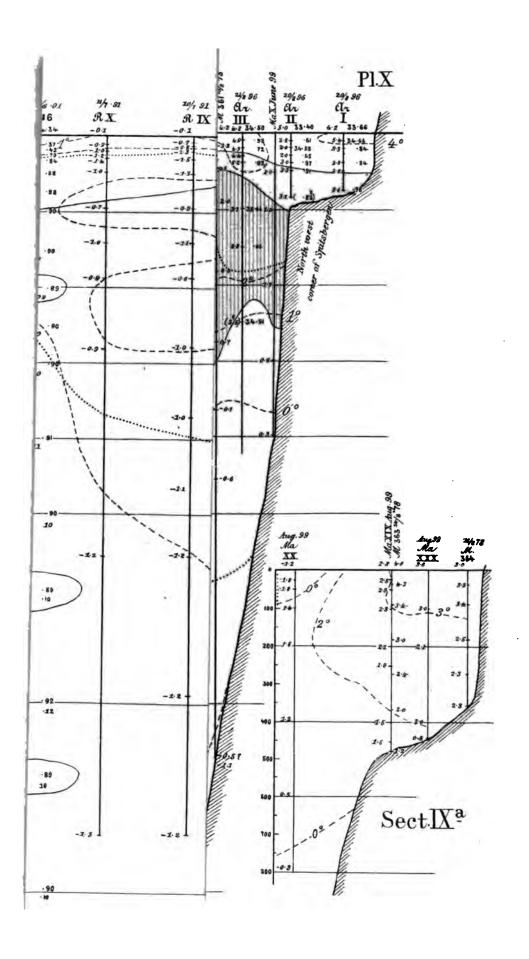




•

•

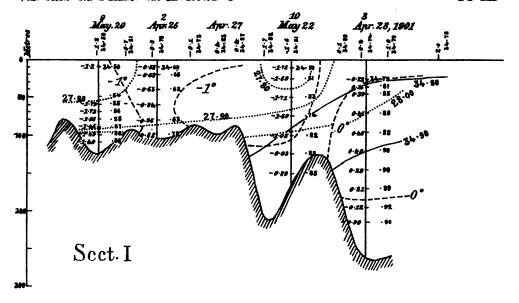
; i

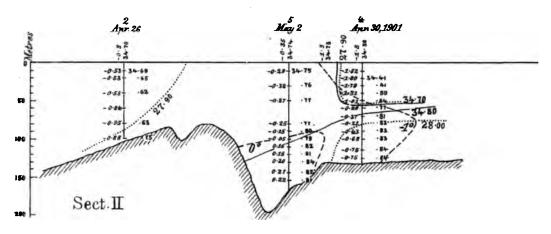


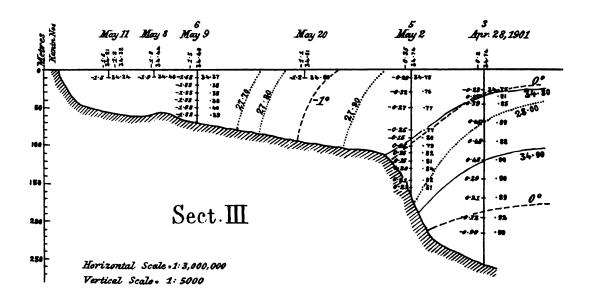


.

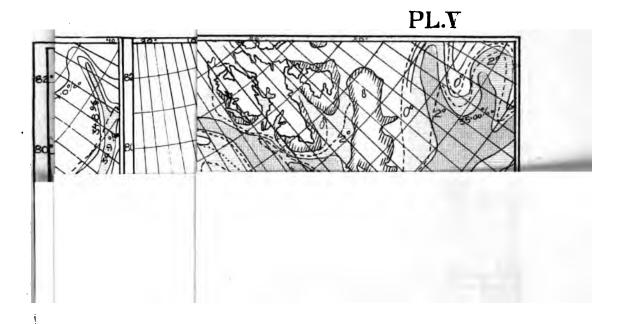
,







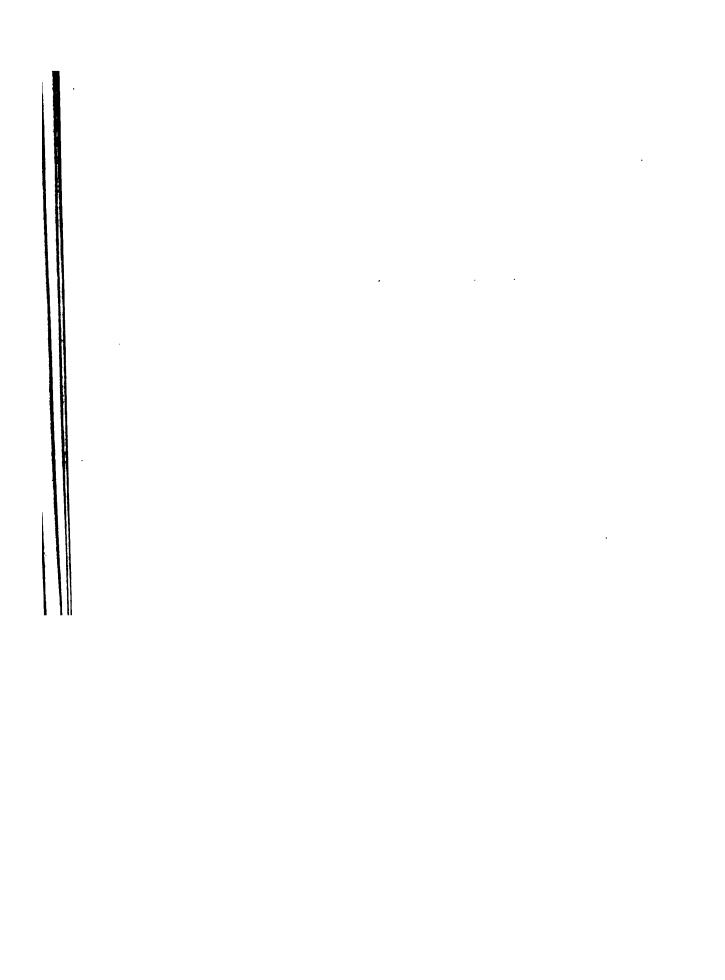






ANDEN DEL.

DEN ÆLDRE KEMI.



FREMSTILLING

 \mathbf{AF}

KEMIENS HISTORIE

 $\mathbf{A}\mathbf{F}$

TH. HIORTDAHL

II

(VIDENSKABS-SELSKABETS SKRIFTER. I. MATHEMATISK-NATURY, KLASSE 1906. No. 4)

UDGIVET FOR FRIDTJOF NANSENS FOND.

CHRISTIANIA

I KOMMISSION HOS JACOB DYBWAD

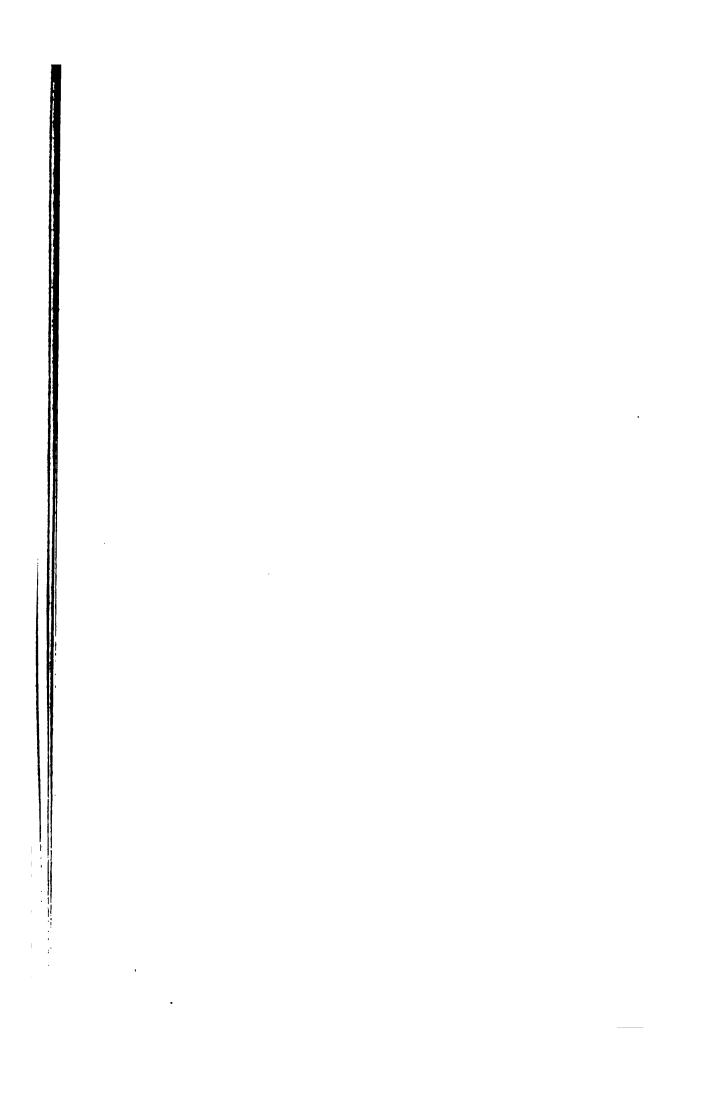
A. W. BROGGERS BOGTRYKKERI

1906

Fremlagt i Mode i den mathematisk-naturvidenskabelige Klasse d. 9de Marts 1906.

Indhold.

| Ander | n del. Den ældre kemi. | Side |
|-------|---|------|
| VI. | Kemiens overgangstid. Den experimentale methodes udvikling. De lærde selskabers oprettelse. Boyle, Mayow, Lemery og hans cours de chymie. Homberg, Kunckel og Becher, de tre sidste alkemister | |
| VII. | Stahls tid. Stahl og hans lære om flogiston. Hoffmann, Boerhaave og hans elementa chemiæ | |
| VIII. | Flogistontiden. Kemikerne i Tyskland, Frankrige, England, Rusland og Sverige, — Deres theoretiske anskuelser, affinitetstabellerne, læren om saltene, — Udviklingen af den kemiske analyse. — Udviklingen af kjendskabet til alkalierne, jordarterne, metallerne og de organiske stoffer — Fremskridt i erkjendelsen af gasarterne. Luftens og vandets bestanddele, — De sidste efterdønninger af den gamle alkemi. Porcellænets opdagelse, — Kemisk industri | • |



VI.

Boyles tid, kemiens overgangstid.

I den sidste halvdel af det 16de aarhundrede og udover i det 17de tog naturforskningen et betydeligt opsving. I de fysiske og mathematiske videnskaber møder man store navne som Kepler (1571-1631), Galilei (1567-1642), Cartesius (1591-1650), Torricelli (1608-1647) og Pascal (1623-1662); der blev ogsaa gjort anseelige fremskridt ved indførelsen af decimalregning (1596) og logarithmer (1614). Naturhistorien var vakt til nyt liv, den lærde polyhistor schweizeren Conrad Gessner (1516-1565) anlagde den første større naturhistoriske samling, pave Sixtus V (1585 -1590) den første større mineralsamling, Cæsalpinus (1519-1603) satte botaniken i system, men bearbeidede ved siden deraf ogsaa mineralogien og metallernes kemi. Opdagelsen af det sammensatte mikroskop (1500) bragte et vigtigt og siden uundværligt hjælpemiddel baade for naturvidenskaben og for medicinen. Vi har allerede omtalt endel af de vigtigste fremskridt i medicinen, men skal her atter nævne en af dennes betydeligste mænd, Nic. Steno, en mærkelig mangesidig naturforsker, der ved siden af sine anatomiske opdagelser ogsaa arbeidede paa andre felter, idet han 1669 paaviste vinklernes konstants hos bergkrystallen. — Der var idetheletaget bleven vakt en almindelig sans for naturvidenskaberne, og om end kirken og inkvisitionen en tid søgte at dæmme op mod den nye og kjætterske bevægelse, som ved forfølgelsen af Galilei, saa voksede dog interessen for naturforskningen stadigt og bredte sig ud i videre kredse; fyrsterne, tilslut selv paverne beskyttede og agtede dens dyrkere.

Nu kom ogsaa tiden for den videnskabelige methode, som Roger Baco havde forudseet, og Palissy arbeidet for. Den var den ledende grundtanke for Galilei's arbeide, og medens han gjennemførte den praktisk, blev den theoretisk udviklet af en berømt samtidig. Francis Baco, lord Verulam (1566—1626) har i sine skrifter givet grundlaget for erfaringsfilosofien, for den induktive methode i naturvidenskaberne: man

kan kun finde sandheden ved iagttagelse, man maa gaa ud fra kjendsgjerningerne og sammenstille disse, men kjendsgjerninger kan man kun finde ved virkelige forsøg, ikke ved blot spekulation. Den ældre methode maatte føre til urigtige opfatninger, idet den indsnævrede naturen for at faa den til at passe i en given ramme.

Af overordentlig stor betydning for naturvidenskabernes udvikling var de omkring midten af det 17de aarh, opstaaede videnskabelige og lærde selskaber, der bragte de forskjellige videnskabsdyrkere i indbyrdes nærmere berørelse og under gjensidig paavirkning, og som ved deres midler og indflydelse var istand til at fremme undersøgelser, som det oversteg den enkeltes kræster at overtage. Ved udgivelsen as disse selskabers periodiske skrifter blev det lettere baade at faa egne arbeider publicerede og at kunne følge med andres, og da tidsskrifterne udkom under selskabernes auspicier og styredes af deres mest fremragende medlemmer, blev efterhaanden, om det end gik sent, tonen i den videnskabelige meningsudveksling befriet fra den middelalderske plumphed, der længe havde gaaet igjen i de selvstændige publikationer i bogform, man før udelukkende havde været henvist til. - De ældste af disse lærde selskaber opkom i Italien, hvor det endnu bestaaende Accademia dei Lincei i Rom stiftedes 1603, og Accademia del Cimento (experimentets) i Florents 1648; det sidstnævnte reorganiseredes 1657, men dets virken blev ikke af lang varighed. I Tyskland dannedes 1651 en privat forening af lærde, i begyndelsen mest læger, hvoraf fremkom det endnu bestaaende Cæsarea Leopoldina, der 1670 begyndte at udgive skrifter (academia naturæ curiosorum). I Paris oprettedes, ligeledes paa grundlag af en privat forening, 1666 Académie royale, hvis mémoires de l'académie des sciences dog sørst begyndte at udkomme 1600. I England havde siden 1645 endel naturforskere, læger og mathematikere sluttet sig sammen til regelmæssige sammenkomster i Oxford; disse henlagdes 1659 til London og gik 1662 over til Royal Society, der siden 1666 udgiver Philosophical Transactions.

Et af dette sidste selskabs mest fremtrædende medlemmer var Robert Boyle. Det var ham, som først bragte kemien over i det rette spor og hævede den til en selvstændig sandhedssøgende ren videnskab. — Kemikerne har hidtil, siger han, idet han udvikler sit videnskabelige program, ladet sig lede af altfor snevre principer, og manglet et høiere grundsyn. De har seet sin opgave i tilberedningen af lægemidler og i metallernes udvinding og forvandling. Jeg har nu forsøgt at behandle kemien fra et ganske andet synspunkt, ikke som en læge eller en alkemist, men som en filosof vilde gjøre det. Jeg har her udkastet planen til en kemisk filosofi, som jeg haaber at kunne fuldstændiggjøre ved mine forsøg og

iagttagelser. Hvis man lagde mere vægt paa den rene sande videnskabs fremskridt end paa at tjene egne interesser, vilde man forstaa, at man bør sætte alle sine kræfter ind paa at udføre forsøg og samle iagttagelser, men ikke opstille nogen theori, førend man havde prøvet alle kjendsgjerningerne.

Boyle var sødt i Irland 1627; hans sader, greven af Cork, bestemte ham som yngre søn til den geistlige stand og lod ham studere, først hjemme og derefter længere tid i udlandet, saa han fik en grundig uddannelse. Han nedsatte sig i 1654 i Oxford, hvor han samlede om sig kjærnen af det senere Royal Society, men flyttede derester med dette til London, hvor han levede udelukkende for videnskaben samt filanthropiske arbeider; han døde 1601. Af hans talrige skrifter, der udkom paa engelsk, men ogsaa i latinsk oversættelse, er foruden af handlingerne i Philosophical Transactions 1668-92, isærdeleshed at nævne Sceptical Chemist (Chymista scepticus) 1661, der har form af en samtale mellem hovedpersonen og tre venner, som søger at forsvare de ældre anskuelser; alle Boyles skrifter udmærker sig ved en klar og grei fremstilling, der er fri for tidens sædvanlige vidtløstighed og dunkelhed. Han havde en klar forstaaelse af og fremhævede gjentagende og stærkt betydningen og nødvendigheden af den experimentale methode, »from which alone the greatest advancement of useful knowledge is to be expected, og han var selv en dygtig og original experimentator.

De nedarvede lærdomme om elementerne, saavel de gamles fire som de tre af Paracelsus opstillede principia, var vistnok i det 17de aarh., isærdeleshed ved van Helmont, allerede begyndt at vakle; men det var først Boyle, som præciserede begrebet element paa en maade, der i det hovedsagelige endnu svarer til den nyere tids opfatning. Det var den ligefremme konsekventse af hans bestemte hævden af den experimentale methode, at han ikke kunde lade sig nøie med de ældre opkonstruerede og svævende metafysiske begreber, men søgte at faa frem de bestanddele af stofferne, som virkeligt lod sig udskille af dem, og disse var det, han opfattede som elementer. Deres antal kunde ikke vilkaarligt bestemmes a priori, og heller ikke lod det sig paa forhaand afgjøre, om materien kun indeholdt en eneste bestanddel eller flere; det fik staa derhen, man maatte holde sig til de bestanddele, hvori man virkelig kunde dele den, og som var at tage og føle paa, - og kunde man ikke faa disse yderligere delt, var det at betragte som elementer (mista prima). Nogle stoffer kan indeholde to saadanne (mista secundaria), andre tre, fire eller flere, og der var overhovedet ingen grund til at antage, at alle ting skulde indeholde de samme elementer eller det samme antal af dem; de elementer, som indeholdes i et slags stoffer, behøver ikke at være de samme, som indeholdes i andre slags, ligesaalidt som de bogstaver, der danner et vist ord, forekommer i alle andre. — Om end Boyle saaledes brød med alle de ældre anskuelser og med fuld klarhed opstillede sit program for elementerne, var han dog ikke kommen til definitive resultater, om hvilke stoffer der var at opfatte som elementer. Og han havde øie for muligheden af, at om end kemien for tiden ikke kunde dele visse stoffer i uligeartede bestanddele, saa kunde den maaske senere komme til at gjøre det. — Med hensyn til vandets elementare natur havde han tvivl, fordi det lod sig forvandle til jord, en opfatning, han dels støttede til lignende forsøg med planter, som allerede van Helmont havde udført, og dels til andre selvstændige forsøg; han fandt, at 1 unze rent vand efter gjentagne destillationer i glaskar efterlod 6 drakmer (% unze) af en i vand uopløselig, hvid jordartet substants, men han tænkte sig dog muligheden af, at glasset kunde være blevet angrebet, uden at han imidlertid fik dette experimentelt undersøgt 1.

Med hensyn til materiens konstitution 2 sluttede Boyle sig til de i det 17de aarh. dannede korpuskulartheorier, i det han tænkte sig materien sammensat af impalpable partikler, hvis form, størrelse og vægt var forskjellig, og at det var arrangementet og kombinationerne af disse, der bevirkede den store mangfoldighed af sammensatte stoffer. Naar man af stene, der alle har samme form og størrelse, allerede kan faa frem mangfoldige høist forskjelligartede bygværker, kirker, huse, broer o. s. v., saa maa der kunne blive en endnu større mangfoldighed, naar byggestenene ikke har samme størrelse og form. Med hensyn til partiklernes form har han bl. a. antydet, at syrerne kunde tænkes at være spidse, og at metallernes opløsning i syrer foregik derved, at syrepartiklernes spidser trængte ind i metalpartiklernes porer, forsaavidt disse ikke var saa smaa, at spidsernes indtrængen blev umulig.

Boyles samtidige, Olaus Borrichius (Ole Borch, 1626—1690), professor i Kjøbenhavn, mente, at man ved gjentagen destillation tilslut vilde kunne forvandle vand helt igjennem til en ildfast jord. Vandets forvandling til jord var idetheletaget almindeligt antaget af de allersleste naturforskere.

² Franskmanden Petrus Gassendi, Keplers og Galileis samtidige og ven (1592—1655), forklarede alle fænomener i den materielle verden ved atomernes bevægelse; han tænkte sig, at atomerne havde forskjellig størrelse og form, men forøvrigt var identiske, og at de bevægede sig i alle retninger i det tomme rum. Senere kom man imidlertid bort fra atomernes bevægelse, som Gassendi havde lagt hovedvægten paa, og italieneren Giovanni Borelli (1608—79) førte i sin korpuskulartheori stoffernes egenskaber udelukkende tilbage til atomernes beskaffenhed og form; luftens smaadele antog han for rørformede, bøielige og elastiske, saa formen kunde paavirkes af trykket, vandets antog han omgiven af bøielige haarformede organer, der omklamrede det, som blev vædet o. s. v.

Boyle er den første, der med fuld klarhed har anskuet forskjellen mellem en blanding (mixture), i hvilken bestanddelene bevarer sine særegne egenskaber og lettere kan skilles fra hinanden, og en virkelig kemisk forbindelse (compound mass), hvor bestanddelene har tabt sine oprindelige egenskaber og vanskeligere kan skilles. Som exempler nævner han blysukker, hvis bestanddele, edikesyre og blyoxyd, ikke har sød smag, eller de almindelige salte, hvor syrernes og alkaliernes etsende egenskaber er ophævede. Imidlertid havde han ogsaa lagt mærke til, at om end bestanddelenes egenskaber ophæves i forbindelserne, saa kan dog lighed i visse forbindelsers egenskaber henføres til visse fælles bestanddele, f. ex. den blaa farve hos kobbersaltene; ligeledes sluttede han af visse granaters mørke farve, at de maatte indeholde jern, hvilket han ogsaa paaviste.

For at adskille de i naturligt forekommende forbindelser af enhver slags virkeligt indholdte bestanddele havde man ingen anden methode end den, der fra gammel tid af havde vist sig istand til at udskille metallerne af deres naturligt forekommende forbindelser, den tørre vei - »sine igne nihil operamur« er motto til en bekjendt lærebog i det 17de aarh.1 Man antog, at man ved ophedning, saavel ved forbrænding som navnlig ved tør destillation, af dyre- eller plantestoffer fik frem de i dem allerede existerende grundbestanddele i form af vand, flygtige olier o. dsl. Det var først Boyle, som nærmere gjorde rede for forskjellen mellem de produkter, man faar frem ved forbrænding, og dem, der dannes ved destillation uden lufttilgang, og erkjendte, at de ikke forud existerede, men var dannede ved ophedningen. Hans forsøg paa at udskille de i stofferne virkeligt indeholdte nærmere bestanddele er det første grundlag for den kemiske analyse, der før ham saagodtsom ikke existerede, og det er Boyle, som har indført saavel begrebet som navnet analyse, ligesom det er ham, der har faststillet begrebet reaktion, og som har indført den almindeligere brug af reagentser til paavisning paa den vaade vei2. Han var den første, som anvendte plantefarverne, ogsaa i form af reagentspapir, for at bestemme den sure eller alkaliske reaktion; han paaviste saltsyre og opløselige klorider ved sølvopløsning, svovlsyre ved fældning med kalksalte, kobber ved opløsningernes blaa farve med ammoniak, samt ammoniak ved røgen med saltsyre, hvilken sidste reaktion dog tidligere (1677) var bleven iagttaget af hans

¹ Glasers traité de chymie 1663.

² Hvor lidet fortrolig man endnu var med reaktioner paa vaad vei, kan sluttes af den opmærksomhed, et forsog af den lærde jesuit Francesco de Lana (1631-87) i Brescia vakte. Han fik i koncentrerede opløsninger af kalksalte bundfald med alkalier, og at de to klare vædsker straks gav et fast stof, betegnedes endog som det kemiske underværk,

samtidige Kunckel. Han har ogsaa meddelt de første opgaver om forskjellige reagentsers ømfindtlighed, saaledes f. ex., at en opløsning af i del kogsalt i 300 dele vand endnu tydeligt blakkes ved sølvopløsning.

Kvantitative bestemmelser, som tiden endnu kun havde liden forstaaelse af, tillagde Boyle overhovedet megen betydning. Han forstod. at naar et legeme ved kemiske forandringer tiltager i vægt, saa kommer det deraf, at det har indgaaet en forbindelse; han paaviste, at klorsølvet, der udfældes af en sølvopløsning, veier mere, end sølvet oprindeligt veiede, og saa deri et bevis for, at metallet havde optaget noget i sig. Han bestemte metallernes vægtsforøgelse ved ophedning i svovldamp og fandt, at kobber og sølv tiltog i vægt henholdsvis 22 og 13,4 pct. (beregnet 25 og 14,0). Ligeledes beskjæftigede han sig med metallernes vægtsforøgelse ved forkalkning, og isærdeleshed er forsøgene om forkalkningen i lukkede kar af stor interesse; han ophedede 1 tin eller bly i tilsmeltede retorter — ganske det samme forsøg, som et aarhundrede senere i Lavoisiers hænder endelig gav den rigtige forklaring. Boyle lagde vistnok mærke til, at luften strømmede ind, naar karrene aabnedes, men heri saa han kun et bevis for, at disse havde været lufttæt lukkede; han kom ikke til at sammenligne vægten før og efter ophedningen, og det faldt ham overhovedet ikke ind, at det var luften, som var optaget; han tilskrev vægtsforøgelsen en indtrængen og optagen af ponderabel ildmaterie², og denne hans forudfattede mening om, at ilden var noget materielt, bragte ham til at miskjende det hovedsagelige i forsøgene. Imidlertid var Boyle den første, som erkjendte, at de tunge metalkalkes egenvægt er mindre end metallernes, saa den specifike vægt aftager, medens den absolute tiltager, hvilket man tidligere ikke havde nogen klar forstaaelse af.

Siden Torricelli opdagede barometret 1673 og Otto von Guericke havde vakt interesse for luftpumpen, var undersøgelser af luften og gasarterne blevne aktuelle, og Boyle beskæftigede sig ogsaa meget dermed. Han bestemte luftens vægt med en hidtil ikke kjendt nøiagtighed (i forhold til vand som 1:853 ¹⁷/29), og han erkjendte allerede 1660, at gasers volum er omvendt proportional med trykket, den samme lov, som franskmanden Edme Mariotte (1620-84) fandt 17 aar senere, og som længe har baaret den sidstnævntes navn. — Boyle var en af de første, der opsamlede en gas, vandstofgas; han fyldte en kolbe med tynd svovlsyre, indbragte noget jern, lukkede den og aabnede den atter, efterat den med aabningen ned var bragt i et kar, der ligeledes indeholdt tynd syre;

¹ Ved spirituslamper, som han særligt anbefalede fremfor de endnu almindelige olielamper.

² Unde potest hoc absolutæ gravitatis incrementum deduci, nisi ex partibus quibusdam ponderabilibus flammæ?

kolben fyldtes da med en gas, hvis brændbarhed han erkjendte, uden at det dog kan sees, at han yderligere holdt denne »air generated de novo« ud fra selve luften.

Blandt Boyles andre opdagelser i kemien er at nævne fremstillingen af fosfor og opdagelsen af fosforsyren. Han havde 1677 faaet høre om fosforet, der nogle aar i forveien var bleven opdaget 1, og det lykkedes ham at fremstille det ved at destillere inddampet urin med sand; han fandt videre, at fosforet ved forbrænding gav en substants, der forholdt sig som en syre og forbandt sig med alkalikarbonaterne under opbrusen. — Ved at destillere svovl med salmiak og kalk fremstillede han det s. k. flygtige svovllever, liquor fumans Boylii, en blanding af ammoniumhydrosulfid og ammoniumpolysulfider. — Boyle havde ogsaa interesse for den tekniske kemi samt for fremstillingen af kemiske præparater til medicinsk brug, ligesom han overhovedet erkjendte kemiens betydning for medicinen. Om denne har han bl. a. udtalt, at det vil blive gjennem kemien, at man engang vil finde løsningen af de pathologiske fænomener, der ikke ad anden vei vil kunne forklares, og navnlig vil kjendskab til fermenternes og gjæringens natur være en ganske nødvendig betingelse forat forstaa sygdomsfænomenerne².

Medens Boyle, som ovenfor nævnt, ved sine forsøg om forkalkningen ikke kom til at erkjende luftens betydning for denne proces, havde derimod hans samtidige landsmænd Hooke og Mayow øie for, at det er luften, som her spiller den væsentlige rolle, og de søgte at forklare dens virkning saavel ved forkalkningen som ved forbrændingen overhovedet. Robert Hooke (1635—1702), sekretær i royal society, opstillede i sin micrographia (1665) en eiendommelig forbrændingstheori, der gik ud paa, at der i luften forekom en substants, der lignede eller maaske var identisk med den, der indeholdes i salpeter. Denne substants antog han at være

¹ Heinrich Brand, en forhenværende militær, der havde nedsat sig i Hamburg som læge og kemiker, havde under sine alkemistiske studier læst, at der i urinen skulde findes en substants, som kunde forvandle sølv til guld, og ved de forsøg, han i den anledning anstillede, erholdt han 1669 ved destillation af inddampet urin en substants, der lyste i morke. Han offentliggjorde intet angaaende fremstillingen af denne »kaltes Feuer«, men meddelte den til nogle venner, og en af disse, Dr. Kraft, meddelte den atter til Leibnitz. Senere bragte Kraft en prøve til England og foreviste den for kong Karl II, ved hvilken leilighed Boyle var tilstede. H. Peters, Chemiker-Zeitung 1902, 1190.

² Man var endnu ikke kommen til nogen nærmere erkjendelse af fermenter og gjæring. Men der blev dog i Boyles tid gjort et fremskridt, som senere fik betydning i denne henseende, nemlig hollænderen Antony von Leeuwenhoecks (1632—1723) mikroskopiske arbeider, hvorved han opdagede, at der i infuser af forskjellige planter fandtes mikroskopiske organismer (infusionsdyr). Dog varede det endnu meget længe, førend dette blev sat i forbindelse med studiet af gjæringsfænomenerne.

i besiddelse af en særegen evne til at kunne opløse brændbare stoffer, naar disse var blevne tilstrækkeligt ophedede. Han betragtede saaledes forbrændingen som en slags opløsningsproces, og grunden til, at forbrændingen efter en tids forløb ophører i et lukket rum, søgte han da deri, at den forhaandenværende mængde af opløsningsmidlet var bleven mættet; bragtes ny luft ind, vilde denne være istand til at opløse en ny mængde brændbart stof. Produkterne af opløsningen kunde have forskjellige egenskaber, dels være luftformede, dels flydende eller faste.

8

Lægen og fysiologen John Mayow (1643-79), hvis hovedværk tractatus quinque medicophysici 1 (1674) indeholder en hel del originale og mærkelige forsøg, betegnede den for salpetret og luften fælles bestanddel som spiritus nitro-aëreus. Han forstod, at lusten var et komplex, bestaaende af denne subtile bestanddel samt de grove egentlige luftdele, og han var den første, som erkjendte, at vægtsforøgelsen ved forkalkning beror derpaa, at de subtile dele af lusten optages af selve det regulinske metal. Det ved hjælp af et brændglas forkalkede antimon, siger han, forholder sig ganske paa samme maade som det ved hjælp af salpetersyre fremstillede mineralske bezoar (antimonoxyd); det er de nitrøse luftdele, der indeholdes i salpetersyren, og hvis bevægelse danner solstraalerne, som i begge tilfælde fixerer antimonet, og vægtsforøgelsen maa tilskrives disse med antimonet forbundne dele af luften. Han ved vistnok, siger han videre, at man i almindelighed mener, at forkalkningen skyldes en undvigen af metallets svovl², men dette kan ikke være rigtigt; at antimonet bliver fixeret, ligger ikke deri, at noget gaar bort, men deri, at det optager de nitrøse luftdele. - Mayow gik ogsaa bl. a. nærmere ind paa det almindelige svovl og dets forbrænding. De allerfleste kemikere ansaa det for en afgjort sag, at svovlet var sammensat af en syre og en olie, og at syren (spiritus sulfuris) blev sat i frihed, naar olien ved forbrændingen gik bort 8. Men Mayow fandt det høist usandsynligt, at syren allerede existerer i svovlet og først kommer tilsyne ved forbrændingen; hvad skulde være iveien, siger han, for at antage, at syren frembringes ved forbrændingen? - Man ser her tydeligt, at Mayow i sine anskuelser, saavel om lustens sammensætning som om forkalkningen og forbrændingen, var ganske paa den rette vei, og at han saa nær, som det er muligt, var kommen ind paa en for-

¹ Mayows arbeide er gjengivet i Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 125, 1901.

² Ved svovl menes her det kemiske grundprincip svovl eller de brændbare dele overhovedet. Man antog, at det var det i legemerne indeholdte svovl, som var aarsag til deres brændbarhed: ubi ignis et calor, ibi sulphur, sagde man.

³ Sulphur omne oleo inprimis constare et acido spiritu, tam notum est chymicis, ut uI-teriori declaratione non videatur indigere, siger saaledes Sylvius.

staaelse af surstoffets tilstedeværelse i lusten og dets betydning. Men samtiden forstod ham ikke; hans betydningssulde arbeider blev ganske upaaagtede, selv Boyle synes neppe at have lagt mærke til dem. Mayow døde ung, og over et aarhundrede gik hen, førend traaden i hans tankegang atter blev optaget.

Saa stor anseelse Boyle end nød hos sin samtid, formaaede dog endnu ikke hans opfatning af elementerne at trænge igjennem hos denne. Man vedblev fremdeles at holde sig til den nedarvede lære om visse grundbestanddele, af hvilke alle substantser var sammensatte, og ligesom Paracelsus i sin tid havde føiet saltet til de to gamle alkemistiske grundbestanddele, svovl og kviksølv, saa føiede man nu atter to nye til og tænkte sig ialt 5 saadanne. Denne lære, der havde en fremtrædende talsmand i englænderen Thomas Willis¹, fik almindelig udbredelse, ikke mindst gjennem en del lærebøger, som benyttedes meget og øvede stor indflydelse, Le Fêvres² traité de chymie (1660), Glasers³ traité (1663) og isærdeleshed Lemerys cours de chymie. Den sidstnæævnte bog, der første gang udkom 1675 og senere i mangfoldige oplag og oversættelser, nød i lange tider overordentlig stor anseelse; da den giver et godt begreb om kemiens almindelige standpunkt i slutningen af det 17de aarh., vil det ikke være uden interesse at dvæle lidt ved den.

Forfatteren, Nicolai Lemery, født i Rouen 1645, nedsatte sig 1672 som apotheker i Paris og begyndte at holde forelæsninger, men hans tro som protestant udsatte ham for mange forfølgelser og ubehageligheder, og for at kunne bevare sin stilling i Paris maatte han tilsidst gaa over til katholicismen. Han var medlem af akademiet siden 1699 og deltog med megen iver og interesse i dets arbeide til sin død 17154.

Medens titelen paa Lemerys bog (Cours de Chymie, contenant la Maniere de faire les Operations qui sont en usage dans la Medicine) nærmest betegner kemien som et hjælpefag for medicinen, er dog den defi-

Willis, der var født 1621, var en tid professor i fysik i Oxford, men virkede senere som læge i London, hvor han døde 1675.

Nicolas Le Fèvre (Lefebvre) var demonstrator ved jardin des plantes til 1664, da han kaldtes til London, hvor han forblev til sin død 1674. Han skrev sin bog paa fransk (ikke paa latin), fordi saamange af de bedste forfattere i Tyskland var begyndt at bruge morsmaalet til at skrive om den kemiske apothekerkunst.

³ Schweizeren Christopher Glaser efterfulgte Le Fêvre som demonstrator og var en tid tillige kongelig apotheker. Det efter ham benævnte sal polychrestum Glaseri var kaliumsulfat, som han fremstillede ved at bringe svovl til smeltende salpeter.

⁴ Hans søn Louis Lemery (1677-1743) var ligeledes kemiker. Det fortjener at nævnes, at han ligesom Boyle havde en rigtig opfatning af varmens virkning paa de organiske stoffer, at varmen forandrer dem, men ikke spalter dem i deres virkelige bestanddele; han raadede derfor til ved forskjellige opløsningsmidler først at udtrække de virkelige indeholdte bestanddele, og derefter særskilt undersøge hver enkelt af disse.

nition, han giver, langt mere omfattende, idet siger han, La chymie est un Art qui enseigne à separer les differentes substances qui se rencontrent dans un mixte: J'entens par les mixtes, les choses qui croissent naturellement à sçavoir les mineraux, les vegetaux & les animaux. — Det første princip, man maa antage for sammensætningen af de i naturen forekommende legemer (les mixtes), er en i alle ting forekommende spiritus universalis, men da dette princip er metafysisk og ikke kan opfattes af sanserne, maa der opstilles sanselige principer. Da kemien ved analysen (d. v. s. ved ophedning) har fundet 5 slags substantser, har man sluttet sig til existencen af de 5 principer, spiritus, olie, salt, vand og jord, af hvilke de 3 første er aktive (befinder sig i bevægelse og foraarsager stoffernes virkning), medens de 2 andre er passive (befinder sig i hvile og virker hemmende eller fortyndende paa de aktive). Det første af de 3 aktive er kviksølvet (l'Esprit, spiritus), det flygtigste og bevægeligste, der bevirker forandringerne; planter og dyr, der indeholder meget af dette, forandres let, medens mineralerne, der kun indeholder lidet, er saagodtsom uforanderlige. Men kan ikke faa dette, og heller ikke de øvrige, frem i ganske ren tilstand; enten indeholder det noget af olien og er da esprit volatile, eller ogsaa er det indesluttet i salt, og er da esprit fixe, som de sure spiritus i alun, vitriol og salt. Det andet princip er svovlet, (l'Huile), det næstflygtigste, det brændbare, som bevirker forskjellighed i farve og lugt; det fylder legemernes porer og bevarer dem, saa at de planter, som indeholder meget deraf, holder sig længere tid i frisk grøn tilstand end andre; heller ikke dette faar man ganske rent frem ved stoffernes dekomposition; det er enten blandet med spiritus (olier, der flyder ovenpaa vand) eller med salt (olier, som synker i vand). Det tredie princip, saltet, er det mindst flygtige og giver stofferne konsistents og vægt; der kan være tre slags, sel fixe, sel volatile og sel essentiel (intermediaire). De passive er vandet (flegma) og jorden (teste morte ou damnée). Heller ikke dem faar man frem i ganske ren tilstand; de er alle imprægnerede med noget af de aktive, der meddeler dem forskjellige egenskaber 1. -Man maa dog ikke tage disse principer i altfor bogstavelig betydning; de substantser, man har givet navnet principer, er det nemlig i virkeligheden kun ester vort skjøn, og fordi vi endnu ikke er istand til at komme videre i legemernes deling; de er ganske vist endnu delbare til en mangfoldighed af dele, der da vilde være de egentlige rigtige grundprinciper, men for tiden kan man ikke komme videre end til at opstille disse fem.

¹ Ved destillation af guajak mente Lemery at have fremstillet og isoleret — om end ikke i absolut ren tilstand — les cinq substances de tous les vegetaux,

vistnok, siges der videre, moderne forskere (her sigtes til Boyle), som ikke vil gaa ind paa, at de nævnte fem principer virkelig findes eller forekommer i de naturlige stoffer, men mener, at de først dannes eller fremkommer ved ildens paavirkning, ved destillationen. Men hertil bemærkes, at man godt kan faa frem flere af disse grundprinciper paa andre maader, uden at tage ilden til hjælp, idet man f. ex. kan presse olien ud af planterne eller faa salte udkrystalliserede ved henstand af plantesafter. Han mener derfor, at man maa holde sig til de fem principer og gaa ud fra dem som virkeligt existerende i stofferne.

Ester denne indledning kommer beskrivelse af apparater og ovne samt forklaring af kunstudtrykkene ¹ og de kemiske tegn. Man havde nemlig, foruden de gamle alkemistiske tegn for metallerne (planeternes tegn), allerede længere tid brugt en hel del andre tegn, og da disse endnu længe udover holdt sig i almindelig brug, skal vi gjengive nogle af de mest anvendte. De gamle fire elementer betegnes saaledes:

$$\triangle$$
 ild, ∇ vand, \triangle lust, ∇ jord.

Videre brugte man f. ex.:

Syrerne betegnedes ved vandets tegn, kombineret med passende bogstaver, f. ex:

▼ salpetersyre (aqua fortis), ♥ kongevand (aqua regalis).

Man havde ogsaa tegn for de forskjellige slags operationer, f. ex.

→ sublimere og → præcipitere (bundfælde), og disse kombineredes atter med
metaltegnene, f. ex: ६ eller ६ mercurius præcipitatus, kviksølvoxyd,

६ eller ६ kviksølvsublimat o. s. v.

Forøvrigt er Lemerys bog delt i 3 dele: des mineraux (22 kapitler), des Vegetaux (32 kapitler) samt des Animaux (6 kapitler).

Afsnittet om mineralerne begynder med guldet; Lemery var ikke alkemist, han forklarer og afslører de alkemistiske bedragerier og skuffelser. Ved omtalen af guldets opløsning i kongevand driver han de korpuskulartheoretiske betragtninger ud til de yderste konsekventser: naar guldet kommer i berørelse med dette opløsningsmiddel, bliver dets partikler med voldsomhed løsrevne, og saalænge dette staar paa, finder en opbrusen sted; de sure spidser borer sig ind i metalpartiklerne, og disse holdes nu svævende i væsken, fordi kongevandpartiklerne bærer dem som flottører,

¹ Derunder bl. a. alkooliser, at overføre til alkohol eller impalpabelt pulver; man brugte ogsaa ordet alkool for at betegne en meget ren esprit, f. ex. alkool de vin for rektificeret spiritus vini. Videre kan her nævnes udtrykket mortifier, at forandre et legemes ydre form, som naar kviksolv overføres til oxyd; det modsatte er revivifier (l, pag. 58).

paa lignende maade som et stykke metal kan hindres fra at synke i vand. naar det er fæstet til et stykke træ. Naar man til denne opløsning sætter ammoniak eller andre alkaliske væsker, svækkes syrerne, og deres spidser brækkes af, saa at metalpartiklerne synker til bunds; bundfaldet er dog ikke længere rent metal, idet noget af de sure spidser er bleven siddende igjen i guldet og ikke kan fjernes ved udvaskning. Bringer man bundfaldet i ilden, maa de i guldet saaledes indesluttede flygtige stoffer (esprits) skaffe sig en udvei, og guldpartiklerne fjernes fra hverandre med en voldsomhed, der foraarsager knaldguldets explosion¹. Paa lignende maade forklares i det følgende kapitel sølvets opløsning i salpetersyre; sølvnitratet, vitriol de lune, est un Argent penétré & réduit en forme de sel par les pointes acides de l'esprit de nitre. Efter de to ædle metaller kommer tin, vistmut², bly, kobber⁸, jern⁴, kviksølv⁵, antimon og arsenik, derefter kalk og kiselsten (cailloux); det følgende kapitel omhandler huile des briques, en oleum philosophicum, der dannes ved destillation af teglsten, som er imprægneret med olivenolie, dernæst koraller (lithodendron, der antages for en forstenet plante), videre salt (og saltsyre), salpeter (og salpetersyre), salmiak (og kongevand), vitriol (med vitriololie og huile de vitriol dulcifiée, æther), alun og svovl⁶; tilslut rav og ambra.

¹ Knaldguldet angives at have været benyttet som sveddrivende middel; nogle mener, at virkningen kun skyldes undvigen af den indesluttede esprit, og at guldet selv ingen virkning har, men Lemery finder det sandsynligt, at den undvigende esprit river noget af guldpartiklerne med sig og derved faar mere kraft til at bryde igjennem og bane sig vei i porerne, om disse ved tilstopning skulde yde modstand, — at guldet føres med af espriten ligesom en tømmerstok af en elv; naar en saadan f. ex. tørner mod en bro, har den en ganske anden kraftig virkning end elvens strøm alene vilde have.

² Under vismut nævnes zink, men kun i forbigaaende. Markasit er en almindelig benævnelse for metalliske stoffer, især vismut; der gives ogsaa en anden slags markasit, som kaldes zink, den ligner vismut, men er ikke saa sprød.

³ Herunder bl. a, esprit de Venus, den ved tør destillation af kobberacetat erholdte sure vædske: I ilden gaar syren fra kobberet, uden at spidserne brækkes af; kobberet indeholder nemlig meget svovl, og syrepartiklernes spidser brækkes ikke af, fordi legemet, hvortil de er fæstede, ikke er tilstrækkeligt haardt og saaledes ikke gjør saamegen modstand.

⁴ Jernet er et meget porøst metal, sammensat af vritriolsalt, svovl og jord, og disse bestanddele er kun løst sammenhængende, hvorfor metallet let opløses i syrer. — Man fremstiller staal ved at ophede jernplader med horn eller klør af dyr, hvorved de af disse udviklede flygtige alkalier trænger ind i jernets porer og destruerer det sure, som holder porerne aabne.

Den under varmeudvikling foregaaende reaktion i en fugtig blanding af jernfilspaan og svovl forklares ved den voldsomme gnidning af svovlets spidser mod metallet. Processen menes at give oplysning om, hvorledes les soufres se fermentent dans la terre og bevirker jordskjælv og vulkaner (Lemerys kunstige vulkan).

⁵ Om kviksølvoxydet, mercure précipité rouge sans addition (mercurius præcipitatus per se, d. v. s. uden fældningsmiddel), bemærkes i tilslutning til Boyles anskuelser, at det er imprægneret med ildpartikler.

⁶ Om svovlmelk (magisterium sulphuris) bemærkes, at vand alene ikke kan opløse svovl, da dette er fedt; man maa derfor bruge et alkali, og naar dette fjernes ved en syre,

Afsnittet om plantestofferne omhandler bl. a. harpix, papir, sukker, vin, edike, vinsten, sæbe, opium, tobak, kamfer o. l. Kamfer siges at være en harpix, der destillerer draabevis af et stort træ paa Borneo; den er sammensat af et svovl og et salt, der begge er saa flygtige, at man ikke kan opbevare den, uden at den mindsker i vægt. — Under vinstenen omhandles ogsaa de andre kalisalte, kaliumkarbonat (huile de tartre par defaillance, oleum tartari per deliquium) og kaliumsulfat (magisterium tartari).

Det sidste og korteste afsnit, om dyrene, omhandler slangerne og deres gift, destillationen af urin, hjortetak, hjerne, honning og voks. Under urindestillationen omtales hovedsageligt fosforet og dets fremstilling¹, men derlios ogsaa bolognesersten² og andre lysestene eller fosforescerende substantser, hvilke forøvrigt ogsaa Boyle slog sammen med det almindelige fosfor.

Lemerys bog er den første, hvor der er forsøgt at adskille mellem den anorganiske og den organiske del af kemien. Klassifikationen er vistnok ufuldkommen og mange steder urigtig, idet der alene tages hensyn til udgangsmaterialet, saa f. ex. kalisaltene kommer under planterne og æther under mineralerne. Om der end ellers ogsaa er feil og misforstaaelser, saa afgiver dog i det hele og store bogen et umiskjendeligt vidnesbyrd om, at kemien havde gjort betydelige fremskridt i de lidt over to menneskealdere, der var hengaaet, siden Libau udgav sin alchemia.

Lemerys kollega i akademiet, Wilhelm Homberg³, var født 1652 i Batavia af tysk slægt, og uddannet som jurist. I Magdeburg, hvor han havde nedsat sig som advokat, blev under samværet med Otto von Guericke hans interesse vakt for naturvidenskaberne, saa han opgav sin stilling og reiste til udlandet for at studere. Han arbeidede bl. a. en tid paa Hiärnes laboratorium i Stockholm samt hos Boyle, og kom senere til Paris, hvor han blev livlæge hos hertugen af Orleans, og døde 1715.

udfældes svovlet atter som et hvidt pulver, der saaledes ikke er noget andet end alkooliseret svovlblomst.

¹ Man vil have lagt mærke til, siger Lemery, at urin af folk, der drikker vin, vanskeligt giver fosfor, formodentlig fordi den lysende materie paa grund af vinens spiritus altfor let fordamper, medens det mere konsistente stof i øl har lettere for at holde paa den flygtige lysmaterie; derfor gaar fremstillingen lettere i Tyskland og England end i Frankrige.

Fremstillingen af fosfor var overhovedet endnu vanskelig og gav kun lidet udbytte. Fosforet var derfor meget kostbart, og i begyndelsen af det 18de aarh, betaltes en unze (vel 29 gram) med 10—16 dukater eller mere end sin vægt i guld.

² Bologneserstenen var tungspat, der var ophedet sammen med kul. Dens fosforeseerende egenskaber blev først iagttagne af en skomager i Bologna, og fremstillingsmaaden blev først beskrevet 1622 af den franske kemiker Pierre Potier (Poterius).

³ H. Peters, Chemiker-Zeitung 1903, 1249.

Man skylder Homberg et for den tid overmaade mærkeligt arbeide, der tillige var det allersørste og længe ester ogsaa det eneste i sit slags, idet han 1699 foretog kvantitative bestemmelser af de mængder af sorskjellige syrer, som sorbinder sig med samme mængde alkali. Han neutraliserede i unze kaliumkarbonat med bedste edike, saltsyre, salpetersyre og svovlsyre, inddampede til tørhed og bestemte vægten af de dannede salte. Af i vægtsdel kaliumkarbonat fik han:

Bestemmelserne er vistnok meget unøiagtige og langtfra rigtige, og det samme er tilfældet med den slutning, tidens kemikere drog af dem — at den samme mængde alkali optager den samme mængde af de forskjellige syrer. Men Homberg har dog her udsaaet et yderst vigtigt frøkorn, som med tiden kom til at spire kraftigt.

Homberg har ogsaa først fremstillet borsyren, ved at behandle borax med vitriololie; men han erkjendte ikke dens virkelige natur, idet han mente, at den var fremkommen af vitriolen. Han kaldte derfor borsyren sel volatil narcotique du vitriol, ellers gik den under navnet sedativsalt. Endvidere har han undersøgt metallernes forhold ved ophedning og betjente sig derved af stærke brændglas, som dengang var det bedste middel, man havde til frembringelse af høie temperaturer 1. Med hensyn til metalkalkene sluttede han sig til sin lærer Boyle og antog, at de havde optaget ildmaterie 2. Den stærke etsende virkning af den almindelige kalk tilskrev han de i den indeholdte ildpartikler, som han mente forlod kalken, naar den blev læsket med vand.

Forøvrigt var Homberg alkemist og troede paa metalforvandlingen. Han mente at have foretaget en delvis forvandling af sølv til guld ved smeltning med spydglans, idet han ikke forstod, hvad senere blev paavist,

¹ Allerede Paracelsus havde anbefalet brugen af saadanne, men de blev først almindelig anvendte i slutningen af det 17de aarh. Blandt de mere bekjendte forsøg med disse apparater kan nævnes, at Cosimo III i Florents i 1694 og 95 lod endel diamanter ophede i fokus af et stærkt brændglas; de forsvandt aldeles. Disse forsøg, hvorved diamantens brændbarhed først blev konstateret, synes dog ikke at have været synderligt paaagtede af samtiden.

² Man har, siger Homberg (1700), utvivlsomme exempler paa, at ildmaterie indbringes i visse legemer, forbliver der lang tid og forøger deres vægt, saaledes som man ser det hos metallisk antimon, der ophedes ved brændspeile. Man kan ikke sige, at metallets vægtsforøgelse kommer af flygtige salte eller olie fra kullene, som har trængt ind i metallets porer, fordi det ikke har været i berørelse med kul. Man er derfor nødt til at antage en indtrængen af ildpartikler, der forbliver i metallet og gjør det tungere.

at sølvet kun optog den ringe mængde guld, som allerede indeholdtes i spydglansen.

Hombergs samtidige i Tyskland, Kunckel og Becher, var ligeledes alkemister, og disse tre er, om end alkemien fremdeles endnu en stund holdt sig, dog de sidste af de mere fremtrædende eller betydelige kemikere, som man kan regne blandt de egentlige alkemister.

Johann Kunckel (Kunkel) var sødt 1630 i Holstein, hvor hans sar var alkemist hos hertug Friedrich, og han kom tidlig i berørelse med kemiske, sarmaceutiske og alkemistiske arbeider. Han var i tjeneste hos sorskjellige syrstelige personer, der interesserede sig sor alkemistiske sorsøg, sørst hos hertugerne af Lauenburg som kammertjener, kemiker og apotheker, senere hos kursyrst Johann Georg II af Sachsen, og derester hos den store kursyrste i Berlin som geheime kammertjener og laboratoriebestyrer. Sluttelig blev han af Karl XI, der interesserede sig sor kemiske arbeider, og som 1683 i Stockholm havde oprettet et laboratorium i for undersøgelse af ertser og mineraler, kaldt til Sverige, hvor han sik en roligere og bedre stilling og blev adlet under navn af Löwenstjerne; senere vendte han tilbage til Tyskland, hvor han døde 1702.

Kunckel havde allerede fra ungdommen af indsuget alkemistiske fordomme og troede paa muligheden af metalforvandling, men han var en samvittighedsfuld mand, der ikke tog i betænkning at afsløre de bedragerier, som en stor del af hans fagfæller øvede, saavel ved den egentlige transmutation som ved s. k. guldtinkturer, der solgtes til ublu priser, og som han paaviste ikke indeholdt guld, men bestod af farvet og krydret brændevin. Han var en skarp iagttager og dygtig experimentator, der nød betydelig anseelse hos sin samtid. Hans skrifter, der er forfattede paa tysk og oversatte til latin, gjengiver hans iagttagelser og det faktiske overhovedet med megen tydelighed, medens hans theoretiske anskuelser, opblandet som de er med alkemistiske forestillinger, ikke fremtræder med den samme klarhed. - Det vil herom være tilstrækkeligt at nævne, at han ikke vilde erkjende svovlet som noget kemisk grundprincip eller som bestanddel af metallerne. Hvad kviksølvet angaar, vilde han vistnok ikke erkjende, at der i planternes eller dyrenes sammensætning indgik noget, der kunde betegnes som saadant, men han antog det fremdeles for en grundbestanddel af metallerne og mente, at man uden vanskelighed kunde

Dette laboratorium stod under kongens livlæge Urban Hiärne (1641-1724), som foretog analyser af mineralvande og ertser. Han er den første, der (1694) har omtalt den s. k. kobbernikkel, en naturligt forekommende forbindelse af nikkel og arsen, men han søgte forgjæves deraf at uddskille kobberet, som han formodede den maatte indeholde. Hiärne har ogsaa bl. a. (1712) leveret et arbeide om myresyren, der allerede 1670 var bleven iagttaget af Englænderen John Wray.

faa kviksølvet frem af bly, sølv og antimon 1. Kviksølvet forekom i metallerne sammen med en »terra viscosa«, som ved forkalkningen bliver »korrumperet«, saa at metallet taber sin smidighed. Boyles mening om optagelse af ponderabel ildmaterie, der deltes af de fleste af tidens kemikere, vilde han ikke slutte sig til, og han viste, at varmen i og for sig ikke veier noget, idet han veiede samme legeme i varm og kold tilstand. Men naar han skulde forklare metallernes vægtsforøgelse ved forkalkning, forstod han ikke som Boyle at skjelne mellem den absolute og den specifike vægt, idet han mente, at den mellem metallets partikler indesluttede luft gik bort, saa at metallet blev tættere og »forøgede sin pondus«. Metallernes forbrænding i svovldamp under ildfænomen forklarede han derved, at svovlets lysende og flygtige bestanddel (dets lumen og volatile) gik bort, medens dets anden bestanddel, en syre, optoges af den i metallerne indeholdte jord.

Mere interesse har de mange forskjellige iagttagelser, hvormed han har beriget kemien, og en stor del af disse er nedlagt i hans laboratorium chymicum, hans hovedværk, der først udkom flere aar efter hans død, i 1716. Han er vel den første, som har omtalt den kaustiske ammoniak og erkjendt, at den forholder sig som et etsende alkali, forskjelligt fra de milde alkalier (alkalikarbonaterne); han erkjendte ogsaa ammoniakens tilstedeværelse i alun (der gjerne fremstilledes ved tilsætning af urin). Kunckel kjendte musivguldet og brugen af salmiak ved dets tilberedning, og han var den første, som lærte at fremstille sublimat af kviksølvsulfat og kogsalt². Han iagttog ogsaa guldets udfældning ved jernvitriol, og var den første, som havde en rigtig forestilling om knaldguldet, idet han fandt, at det bundfald, som fremkommer i en guldopløsning ved tilsætning af kaliumkarbonat, ikke detonerer, medens bundfaldet med ammoniak (spiritus urinæ) detonerer voldsomt, og deraf sluttede, at knaldguldets kraft ligger i ammoniaken. - Endelig kan nævnes, at han iagttog dannelsen af salpeteræther (æthylnitrat) samt udskillelsen af stearoptener i ætheriske olier.

Kunckel var ligesom Boyle en af de første, der fremstillede fosfor, men han har neppe selvstændigt opdaget fremgangsmaaden, der snarere synes at være kommen ham ihænde under et besøg i Hamburg, hvor han

¹ Dass ein Mercurius aus den Metallen kann gemacht werden, ist so wahr, als dass ich hoffe, dass meine Seele ewig leben soll.

² Der beste Mercurius sublimatus, so in der Chymie zu gebrauchen und mir gefallen, ist diese, wann ich ein recht hoch von aller Phlegma geschiedenes Oleum Vitrioli nehme, mit dem Mercurio vivo ana, oder so es nicht wohl rectificiret, ein Theil Mercurii und anderthalb Theil Olei, und ziehe solch Oleum davon, bis der Mercurius alles coaguliret ist. Diesen weissen Præcipitat mit Sale commune sublimiret, giebt einen schönen corrosivischen Sublimat.

var i berørelse med Brand. Han udgav 1678 et skrift von dem Phosphoro mirabili und dessen leuchtenden Wunder-Pilulæ (fosforpiller, der solgtes for I groschen stykket), men selve fremstillingen holdt han hemmelig. Hans fremgangsmaade ved tilberedningen af fosfor blev 1692 offentligjort af Homberg, men dette fremkaldte en protest fra Leibniz, der oplyste, at det ikke var Kunckel, som havde gjort opdagelsen. Han fremstillede ogsaa det s. k. Balduins fosfor, hvis tilberedning ligeledes var holdt hemmelig 1.

Glastilvirkning og hvad dermed staar i forbindelse havde Kunckel en særlig interesse for, og han udgav 1679 et eget skrift derom. Han har bl. a. beskrevet tilberedningen af det røde kobberoxydulglas samt af zaffer og smalte², ligesom han arbeidede meget med det s. k. Cassius' guldpurpur ³ samt fremstillingen af rubinglas, for hvilket sidste hans herskab i Berlin, den store kurfyrste, havde saadan interesse, at han skal have anvendt 1600 dukater til forsøg dermed. Kunckel konstruerede ogsaa et glasblæsebord for laboratoriebrug, og han har fortjenesten af at have indført den almindeligere brug af glasblæsning blandt kemikerne.

Johann Joachim Becher var født i Speyer 1635, studerede theologi, mathematik, medicin og kemi og blev efter længere studiereiser i udlandet 1666 professor i medicin i Mainz. Derfra kom han til München, senere til Wien, 1678 drog han til Holland og to aar efter til England, hvor han 1682 endte sit urolige liv. Han var en godt uddannet mand med mange kundskaber, men et ustadigt hoved og en projektmager, der ikke kunde finde sig tilrette nogetsteds. — Becher var fuldblods alkemist og troede fuldt og fast paa metalforvandlingen. Inidlertid var alle de forvandlinger, han troede at have udført, grundede paa misforstaaelser, saaledes naar han mente at have forvandlet sand til jern: han lod sanden, der selvfølgelig indeholdt lidt jern, opsuge olivenolie, hvorefter han glødede og fik frem jernkorn, der blev tiltrukne af magneten. Mest bekjendt er hans projekt at fremstille guld ved at smelte sølvmynter med søsand og et flusmiddel; ved hver smeltning skulde der dannes lidt guld, og sølvet, der ikke aftog

¹ Christoph Baldewein (Balduinus) i Sachsen opløste kridt i salpetersyre og lod det ved inddampning erholdte salt henflyde i luften, idet han mente, at det derved optog en alkemistisk materia prima, der antoges indeholdt i luften, den s. k. spiritus mundi. Det af luften optagne vand blev derpaa fradestilleret og solgtes for 12 groschen loddet, henimod 1¹/₂ krone for vel 30 gr., en droi pris, da pengenes værdi dengang var den mangedobbelte af nu. Under arbeidet gik en retorte itu, og paa brudstykkerne, hvor kalciumnitratet havde afsat sig, kom han til at iagttage dette salts fosforeseerende egenskaber (1674).

² Smalte asledes as smaltum, middelalderslatin for smeltet glas.

³ Andreas Cassius, der 1632 blev doctor medicinæ i Leyden og senere var læge i Hamburg.

i vægt, skulde bruges paany, saamange gange man vilde, saa at det ved daglig at underkastes denne behandling skulde være som en melkeko, der gav guld. Han forstod ikke, at sølvmynterne indeholdt en liden smule guld¹, og at dette var saa lidet, at sølvets vægt tilsyneladende blev uforandret. Han forelagde sit projekt for autoriteterne i Holland og stillede i udsigt, at man ved at tage større mængder sølv i arbeide skulde kunne opnaa en betydelig forøgelse af statsindtægterne, saa man kunde afskaffe told og afgifter paa den menige mands livsfornødenheder. Der blev sluttet en overenskomst, hvorved der sikredes ham et betydeligt honorar samt 2 pct. af udbyttet; prøver, der blev anstillede (rigtignok kun i mindre maalestok), gav et tilfredsstillende resultat, men sagen døde hen.

Det faldt neppe Becher ind i dette at se en ligefrem metallurgisk operation, dertil var han en altfor troende alkemist, der ved enhver leilighed tog alkemien i forsvar. I sin physica subterranea (1669) søgte han at afkræste forskjellige indvendinger, der var fremkomne mod alkemien: hvis denne kunst virkelig existerede, saa maatte den være kjendt af kong Salomo, der sad inde med al himlens og jordens visdom, og for hvem intet var skjult; men saa kunde ikke være tilfældet, da kongen sendte skibe til guldlandet og derhos ilagde sine undersaatter skat. Denne indvending, der var fremsat af et »subtilt hoved«, tager Becher ganske au sérieux og imødegaar den udførligt; kongen, som uden tvivl var inde i alkemien, kunde alligevel have sine grunde til at sende skibene bort. kunde f. ex. ville lade den alkemistiske proces foregaa paa et afsides sted, for at hemmeligheden bedre kunde bevares. Og hvad skatterne angaar, saa var det en aldeles sikker sag, at keiser Leopold I kunde gjøre guld, men han havde ligefuldt skattelagt sit folk o. s. v. Becher har skrevet meget andet i denne genre; han troede bl. a., at evangelisten Johannnes havde været alkemist, og naar det i en hymne fra det 12te aarh, heder, at denne gjorde guld af grene, e virgis fecit aurum, drøftede han spørgsmaalet om disse grenes natur og kom til det resultat, at grenene har været af tamarisk, fordi han havde hørt, at jorden omkring denne busk pleier at holde guld2.

Naar en mand som Becher har saaet en betydningssuld plads i kemiens historie, saa ligger dette i hans theoretiske anskuelser, i hans opsatning af legemernes grundbestanddele. Denne har han vistnok ikke fremsat med megen klarhed, og om han selv — neppe sri sor sorsængelighed — har

I ældre tid var dette ofte tilfældet. De her i Norge i det 17de aarh. af Kongsbergsølv prægede mynter, og isærdeleshed Fredrik III's kroner af 1669, pleiede altid at indeholde guld.

² Tamarisken vokser ofte paa sanden i elveleier.

fremstillet den som noget væsentligt nyt, saa var den dog i grunden den gamle alkemistiske. De tre principia chymica, mercurius, sulphur og sal, har hos Becher optaget, hvad der laa i tiden, de er blevne moderniserede og har faaet nye navne. Men ved siden deraf fik begrebet sulphur en større almindelighed og derigjennem en særlig fremtrædende betydning, og det er dette sidste, som er det væsentlige i Bechers lære.

Alle ting, navnlig alle corpora subterranea, mineralske stoffer, med hvilke Becher især beskjæftigede sig, er i mere eller mindre grad sammensatte, noget absolut enkelt existerer ikke. De enkleste, mindst sammensatte legemer betegnes som mixta simplicia, de øvrige efter graden af deres sammensætning som composita, decomposita og supercomposita. Som de egentlige grundbestanddele for alle de sammensatte legemer opstilles foruden jord og vand som de fjernere (hvad man i samtiden kaldte de passive), isærdeleshed de tre nærmere (aktive) principer, for hvilke han ogsaa bruger betegnelsen jord, terra, et ord, som overhovedet af ham benyttes meget og i forskjellige betydninger. Terra prima, fusilis eller lapidea, repræsenterer det ildfaste og glasdannende (sal), terra secunda eller pinguis, der er noget fugtigt eller fedtartet, repræsenterer det brændbare (sulphur), medens terra tertia eller fluida repræsenterer den metalliske smidighed, smeltbarhed og flygtighed (mercurius). Disse tre slags terra indeholdes i metallerne, men i forskjellige forhold. — Det almindelige svovl antages, overensstemmende med den i tiden herskende anskuelse, sammensat af en sur bestanddel samt terra pinguis, den bestanddel, der overhovedet bevirker brændbarhed. - Forbundne med vand danner de tre nærmere grundbestanddele saltene, og paa lignende vis dannes ogsaa en acidum universale eller primigenium, en ursyre eller primitivsyre, der er modersubstantsen for de forskjellige slags syrer og meddeler dem deres aciditet.

Bechers anskuelser var neppe synderligt paaagtede i samtiden; men de indeholder et væsentligt moment, at der gives en særegen bestanddel, terra pinguis, der er aarsag til al brændbarhed, samt at denne bestanddel ogsaa indeholdes i metallerne. Dette blev noget senere fremhævet og optaget af Stahl og blev saaledes grundlaget for hans theori om flogiston — et i alle brændbare legemer samt i metallerne indeholdt ildstof, som ved forbrændingen og forkalkningen undviger, en theori, som nu gjennem flere menneskealdere, gjennem den allerstørste del af det 18de aarh, blev den ene herskende i kemien.

VII.

Stahls tid.

Lord Verulam siger i sit skrift de dignitate et augmentis scientiarum, at man ved alkemien kommer at tænke paa den mand, der sagde til sine sønner, at han efterlod dem en skat af guld nedgravet i sin vingaard; alt det sønnerne gravede, fandt de ikke guldet, men de kom dog til velstand, idet den stærkere bearbeidelse af jorden skaffede dem rigere vinhøst. Paa lignende maade har den frugtesløse stræben efter at gjøre guld givet et rigt udbytte i de mangfoldige andre opdagelser, den har foranlediget. — De gjennem disse erhvervede kemiske kundskaber og erfaringer repræsenterede virkelig ogsaa, som vi har seet, ved udgangen af det 17de aarh. en ikke uanseelig videnskabelig skat, men endnu henlaa dette guld i løse stykker og var ikke støbt sammen til noget helt eller slaaet til mynt med ensartet præg. Det første skridt til at forene og sammenknytte disse løsrevne kundskaber, eller ialfald en meget stor del af dem, under et mere almindeligt synspunkt, var Stahls hypothese om flogiston.

Georg Ernst Stahl var født i Ansbach 1660 og blev 1687 livlæge i Weimar, hvorester han 1694 som prosessor i medicin kom til det nyoprettede universitet i Halle; dersra kaldtes han 1716 som livlæge til Berlin, hvor han døde 1734.

Grundlaget for flogistonlæren var, som allerede nævnt, Bechers antagelse af en terra pinguis som aarsag til al brændbarhed. I Stahls første kemiske skrift, zymotechnia fundamentalis (1697) sluttede han sig til Becher, og da han 1702 paany udgav dennes physica subterranea med et tilføiet specimen Becherianum, sagde han udtrykkeligt, at det var Bechers lærdomme, han fremsatte — Becheriana sunt, quæ profero. I 1718 udviklede Stahl sine ideer nærmere i Zufällige Gedanken und niitzliche Bedenken über den Streit von den sogenannten Sulphure, og endelig udkom 1731 hans experimenta, observationes, animadversiones, CCC numero, chymicæ et physicæ; men esterat han nu havde givet sin theori

en langt mere omfattende almindelighed, fremstillede han den ikke længere som hentet fra Becher, men hævdede den for sig selv — observationem, quam produco, bono jure mihi vindico.

I zymotechnia har Stahl beskrevet et experimentum novum, verum sulphur arte producendi, som han tillagde stor betydning. Hans fremgangsmaade ved denne »kunstige fremstilling af svovl« var at binde svovlsyren til et alkali, gløde det dannede sulfat med kul og af den erholdte svovllever ved en syre udfælde svovlet. Da han paa denne maade af svovlsyren fremstillede svovl ved hjælp af det samme middel, som man brugte for af metalkalkene at faa frem metallerne, nemlig ophedning med kul, sluttede han, at svovlet forholdt sig til svovlsyren paa samme vis som metallerne til metalkalkene; begge, baade svovlet og metallerne, var sammensatte stoffer og indeholder foruden henholdvis svovlsyre og metalkalk (jordartede bestanddele) tillige et og samme særegne stof, der er aarsagen saavel til brændbarheden som til de metalliske egenskaber. For at betegne dette var det, han istedetsor de tidligere brugte benævnelser, sulphur, oleum eller terra pinguis, indførte det fra græsk laante ord flogiston, der vistnok tidligere af og til havde været brugt, men som først nu fik mere almindelig gyldighed.

Flogiston er altsaa en i alt brændbart indeholdt bestanddel, der ved forbrændingen eller forkalkningen forlader vedkommende stof; naar det undviger, antager det en meget hurtig hvirvlende bevægelse (ilden)¹. Stahl kjendte godt til, at hverken forbrænding eller forkalkning kan foregaa uden tilgang af luft; men han tænkte sig luften kun virkende som et medium, i hvilket det undvigende flogiston kunde udbrede sig, dog ikke i ubegrænsede mængder, men saaledes at et vist volum luft ikke var istand til at optage mere end en vis mængde flogiston. Foruden ved forbrændingen udbredes ogsaa flogiston i luften ved forraadnelse og andre processer, fra luften kommer det til planterne, gjennem disse til dyrene, og fra den organiske natur overføres det til den mineralske og metalliske.

Stahl mente ikke at have fremstillet flogiston i ren tilstand, men han antog, at kul var meget rigt derpaa, og at navnlig visse sorter rene kul som sod af terpentinolie o. dsl. paa det nærmeste var at betragte som rent flogiston. Naar man derfor opheder metalkalkene, eller svovlsyre og fosforsyre i deres salte, med kul, vil de fra dette optage flogiston og gaa over til metal, svovl eller fosfor; naar saa disse atter brænder eller forkalkes, vil flogistonet gaa bort igjen. — Det, vi nu kalder reduktion eller

¹ Ilden er ikke noget bestemt stof, non est res quædam absoluta, men en mængde smaapartikler, der befinder sig i en yderst heftig hvirvlende bevægelse — siges der i specimen Becherianum.

borttagen af surstof, opfattedes saaledes som optagen af flogiston, og omvendt, hvad vi kalder oxydation eller optagen af surstof, opfattedes som borttagen af flogiston.

Det var ikke blot brændbarhed og metallisk tilstand, men ogsaa andre egenskaber, f. ex. farve, som tænktes knyttet til et indhold af flogiston. Det var ogsaa dette, som satte metallerne istand til at forbinde sig med svovl og med syrer; naar metallerne ved forkalkning havde mistet sit flogiston, var de ikke mere istand dertil. At metaloxyderne ikke skulde kunne forbinde sig med syrer, var en misforstaaelse, som imidlertid grundede sig paa visse stærkt glødede oxyders tunge opløselighed i syrer; derimod er det ganske rigtigt, at det er selve det regulinske metal, som forbinder sig med svovl.

At et og samme stof kunde optage forskjellige mængder flogiston, troede Stahl at kunne paavise for svovlets vedkommende, der dannede baade svovlsyre og svovlsyrling; han var overhovedet den første, som forstod, at svovlsyrlingen er noget ganske andet end svovlsyren, og at man derfor maa skjelne mellem to syrer af svovlet, acidum fixum og acidum volatile. Den sidstnævnte opfattede han ganske rigtigt som staaende imellem svovlsyren og svovlet — som flogisticeret svovlsyre, indeholdende mere flogiston end svovlsyren, og mindre flogiston end svovlet. Stahl var ogsaa den første, der fremstillede salte af svovlsyrlingen, og kaliumsulfit kaldtes efter ham længe for Stahls svovlsalt. — Svovlsyren synes Stahl at have-betragtet som den egentlige primitivsyre, af hvilken de øvrige mineralsyrer var modifikationer. Ved at optage flogiston fra forraadnende substantser gaar den over til salpetersyre.

Blandt Stahls mange andre iagttagelser kan nævnes, at han erkjendte, at det i galmei og messing indeholdte metal var zink. Naar man fremstillede messing af kobber og galmei, mente man i almindelighed, at messingen indeholdt galmeien som saadan, og Stahl selv delte oprindelig (1702) denne mening og saa deri et exempel paa, at en jordartet substants kunde legere sig med et metal. Kunckel havde derimod opstillet den rigtigere mening, at galmeien afgav sin merkurialske (metalliske) bestanddel til kobberet, og Stahl kom ogsaa senere (1718) til erkjendelse af sammenhængen, at galmeien optog flogiston fra kullet i digelen og derved reduceredes til metallisk zink, som gik i legering med kobberet. Fra nu af var zink erkjendt som et særeget metal, og man begyndte omkring 1730 i England at fremstille det i det store. — Stahl kjendte ogsaa jernsyren, kaliumferrat, hvis stærkt farvede opløsning han erholdt ved at ophede jern med salpeter, og kemien skylder ham idetheletaget mangfoldige iagttagelser.

Hvor godt end hypothesen om flogiston forklarede oxydations- og reduktionsprocesserne og dermed overhovedet de fleste af de kemiske fænomener, man til den tid havde beskjæftiget sig med, formaaede den dog ikke at forklare det vel kjendte forhold, metallernes tiltagen i vægt ved forkalkningen, - tværtimod, den ligefremme konsekvents af, at noget gik bort, maatte jo være, at vægten aftog. Stahl var langtfra blind for dette og siger selv, at flogiston gaar bort, uagtet man ser, at vægten tiltager, og det optages igjen ved alle reduktioner tiltrods for, at vægten astager; imidlertid gik han ikke nærmere ind paa dette spørgsmaal, og han tillagde det vel heller ikke -- som det af det senere følgende vil forstaaes - nogen væsentlig betydning. Dette kom ogsaa ligesom at staa i skyggen for det klare lys, som theorien forøvrigt kastede over alle de i forbindelse med forkalkningen og forbrændingen staaende fænomener, og blendede af dette sluttede ogsaa de allerfleste af det 18de aarhundredes kemikere sig til Stahl, saa at flogistonlæren nu i lange tider blev den almindeligt herskende. - Imidlertid var der dog nogle af Stahls samtidige, og navnlig hans landsmand Friedrich Hoffmann samt hollænderen Hermann Boerhaave, som ikke sluttede sig til den. De havde vistnok om forbrændingen i almindelighed lignende anskuelser som Stahl, at noget gik bort; men de vilde ikke erkjende, at metallernes forkalkning ogsaa var en forbrænding, og da fik de ikke øie paa det, som var den væsentligste fordel ved flogistontheorien, og forstod ikke dens vidtrækkende og samlende betydning.

Friedrich Hoffmann var født 1660 i Halle, studerede i Jena og reiste derester til England, hvor han kom i berørelse med Boyle. Han blev 1693 medicinsk professor i sin fødeby, hvor han med en kortere afbrydelse, idet han 1709—12 var kongelig livlæge i Berlin, virkede til sin død 1642. Hans talrige skrifter, som udmærker sig ved klar og grei fremstilling, er hovedsageligt af medicinsk indhold, men omhandler ogsaa meget, der er af betydning for kemien. Han har saaledes undersøgt et stort antal mineralvande, og han er den første, der har inddelt disse paa en rationel maade, i alkaliske vande, jernvande, bittervande og saltvande, og som har gjort opmærksom paa, at de stadigt indeholder kulsyregas. Han har ogsaa først erkjendt bittersaltet og paavist, at bitterjorden (magnesia) og alunjorden er eiendommelige jordarter, forskjellige fra kalk, hvortil man ellers pleiede at hensøre dem. Bittersaltets eiendommelighed erkjendte han hovedsageligt ved krystalformen og smagen, men ikke ved egentlige kemiske reaktioner, som overhovedet endnu kun lidet benyttedes; imidlertid brugte han dog enkelte saadanne, idet han f. ex. paaviste alkaliske vande ved brusningen med syrer, samt kogsaltet derved, at det

med salpetersyre gav kongevand. Hoffmann forbedrede fremstillingen af æther 1, som han anvendte i medicinen, blandet med alkohol (Hoffmannsdraaber). Da ætheren, spiritus vini vitriolatus, fremstilledes ved hjælp af svovlsyre, antog man ialmindelighed, at den indeholdt svovlsyre som bestanddel. Hoffmann mente derimod, at ætherdannelsen kunde tænkes at foregaa derved, at svovlsyren tog vandet fra alkoholen; denne sidste antog han sammensat af vand og en olie, hvilken sidste da, naar vandet udtraadte, indgik i ætheren. — Som erfaren læge bestred Hoffmann, at vædskernes sure eller alkaliske reaktion kunde være sygdomsaarsager, og han var overhovedet en af dem, der kraftigst bekjæmpede de iatrokemiske lærdomme, som endnu adskillige af tidens læger holdt paa.

Hermann Boerhaave (Boerhave) var sødt 1668 og virkede fra 1702 til sin død 1738 som prosessor i medicin, senere ogsaa i kemi og botanik, ved universitetet i Leyden. Han var en udmærket og høit anseet læge, men har ogsaa indlagt sig stor fortjeneste as kemien, og isærdeleshed har han ved sin velordnede og klart skrevne lærebog, hvor stoffet er behandlet med sulvatendighed, betydeligt fremmet studiet as denne videnskab og bidraget til dens udvikling.

Stahls flogistontheori omtaler Boerhaave ikke ligefrem, men man kan se, at han kjendte den og tog en vis afstand fra den; imidlertid stemmer hans anskuelser forsaavidt overens med Stahls, at han i brændbare stoffer antog en egen bestanddel, et pabulum eller alimentum ignis (ildnærende stof), der ved forbrændingen gik bort. Han holdt ligeledes svovlet for sammensat af en sur bestanddel og en brændbar, oleum inflammabile concretum cum acidissimo oleo vitrioli. Men han holdt ikke denne bestanddel for at være den samme i de forskjellige slags brændbare stoffer, og heller ikke vilde han gaa ind paa, at metallerne skulde indeholde nogen saadan bestanddel bundet til metalkalkene. Han vilde overhovedet ikke erkjende, at metalkalkene eller stoffer af jordartet natur kunde være bestanddele af metallerne, og han nærede om disses sammensætning anskuelser, der nærmest helder mod de gamle alkemistiske, om et svovlartet og et merkurialsk princip².

¹ Kemikernes opmærksomhed var bleven henledet paa æther ved en opsats i philosophical transactions for 1730 af Aug. Frobenius, en i London bosat tysker, der dog holdt fremstillingen hemmelig.

Medens de gamle mente, siger han, at metallernes bestanddele var kviksølv forenet med et andet princip, saa antager nu for tiden de sleste, at en slags jordart indgaar i metallernes sammensætning. Jeg for min del kan ikke sinde, at der er nogen bestanddel af metallerne, som kunde fortjene navn af en jordart, og jeg har anstillet mangfoldige forsøg, men noget saadant har jeg ikke kunnet sinde,

Boerhaave holdt hvert aar en række sorelæsninger over kemi. Da der 1724 under titelen institutiones et experimenta chemiæ uden hans vidende eller samtykke var udkommet en udgave as disse, der indeholdt de groveste urigtigheder, saa han sig nødt til selv at udgive dem¹, og de udkom da 1732 under titelen elementa chemiæ; bogen var skrevet paa latin, men blev straks oversat paa tysk, fransk og engelsk, sik stor udbredelse og blev i lange tider meget benyttet. Da dette vigtige værk giver en suldstændig oversigt over tidens viden paa kemiens sorskjellige omraader, vil en kort gjennemgaaelse være as interesse. Det bestaar as to bind, as hvilke det sørste atter er delt i to dele, de historia artis, der er ganske kort, samt de artis theoria, der optager den allerstørste del as bindet.

Der begyndes med en kort foreløbig oversigt over de stoffer, som kemien beskjæftiger sig med: 1) metallerne (6 foruden kviksølvet, der medregnes med et vist forbehold), 2) saltene (kogsalt, salpeter, borax, salmiak o. l.), 3) svovl (hvorunder ogsaa arsenforbindelser, petroleum, bitumen, rav m. m.), 4) stenene og 5) halvmetaller. Disse sidste deles atter i: I. Vitrioler, bestaaende af et metal og en syre, af hvilke kun omtales sulfater², og hvoraf det bl. a. sees, at den hvide vitriol (zinkvitriol) endnu ikke var nærmere kjendt. II. Svovlmetaller, hvorunder bl. a. nævnes zinnober og antimon, om hvilket sidste der siges, at det bestaar af virkeligt svovl samt en bestanddel, der ligner metallerne; hvis det ikke var sprødt, vilde man her have det syvende virkelige metal. Endelig III. forskjellige ertser, jernertser som blodsten og magnetjern o. a. Disse 5 assnit om mineralriget sølges af 2 om plante- og dyreriget. Som sørste bestanddel af planterne antages et subtilt og imponderabelt stof, spiritus rector³, hvis forekomst man navnlig kan iagttage hos de flygtige olier, hvem det meddeler deres forskjellige egenskaber og arom.

Aldrig havde jeg tænkt, siger han i fortalen, at jeg skulde komme til at skrive kemi, men det er gaaet anderledes, end jeg tænkte. En utaknemmelig sjæl blandt mine tilhorere, der paa en skammelig maade søgte at skaffe sig vinding, forbitrede mig de kemiske forelæsninger ved under mit navn at udgive institutiones et experimenta chemiæ, hvor der næsten paa hvert eneste blad tillægges mig de mest urigtige, latterlige og barbariske ting. Bogen fandt mange kjøbere, og der var dem af mine tilhørere, som ikke generede sig for at tage den med paa forelæsningerne og vise mig den lige i mine aabne øine. — Boer haave tog sig saa nær af dette, at han vilde ophøre med forelæsningerne, men man fik ham dog bevæget til at vedblive og til selv at besørge en udgave.

² Ellers bruger Boerhaave udtrykket vitriol i mere udstrakt betydning, f. ex. om kviksølvnitrat, argenti vivi vitriolum, samt om kviksølvsublimat, der karakteriseres som en af kviksølv og saltsyre bestaaende vitriol: Basis hujus Vitrioli Argentum vivum purissimum, altera pars est spiritus salis Marini.

³ Cotyledones ut plurimum balsamo scatent propriis in loculis reposito; id olei videtur elaboratum ultimum humidum, quod planta paratum reponit in promptuariis hic natis. In eo

Ester de tre naturriger kommer de 4 elementer, af hvilke det vigtige assnit om ilden, som Kopp med rette har betegnet som klassisk, optager omtrent trediedelen af hele første bind; det er illustreret ved udførligt beskrevne forelæsningsforsøg. Efter et resumé af varmelæren kommer forbrændingen, de alimento ignis, hvor der dvæles meget udførligt ved forbrændingen af alkohol og vises, at der, selv af den paa det alleromhyggeligste tørrede og rektificerede alkohol, dannes en betydelig mængde vand. Der stilles spørgsmaal, om vandet allerede forud skulde hænge ved alkoholen, men være bundet paa en særegen maade, saa det først ved forbrændingen kommer tilsyne, - eller om ildens kraft overfører alkoholen til vand ved en virkelig forvandling. Uden at noget afgjørende herom udtales, resumeres den fastslaaede kjendsgjerning derhen, at det i alkoholen indeholdte pabulum, naar ilden har brugt det, esterlader vand, medens det selv undviger og ikke kan sees 1. Derefter omhandles varmefænomenerne ved blanding af vædsker eller opløsning af salte, samt fosfor og pyrofor. Man finder her for første gang i et kemisk værk beskrevet thermometret, hvis brug nu begyndte at blive mere almindelig2; det anvendes her til paavisning af den ved blanding af alkohol og vand stedfindende varmeudvikling, der neppe tidligere havde været iagttaget. -Efter ilden omhandles lusten. Dens virkning ved forbrændingen anser Boerhaave for en mekanisk, og dens forhold til forkalkningen tilskriver han visse i luften indeholdte saltartede eller svovlartede dele³. Sluttelig afhandles vand og jord. Den endnu blandt kemikerne almindelige mening, at vandet ved destillation forvandles til jord, bliver her for første gang imødegaaet, idet Boerhaave støtter sig til selvstændige forsøg.

pars est oleosa, tenax, humida arcens aliena, embryonem defendens, inque tenacitate sua illigans retinensque tenuem, purum, facile avolaturum, spiritum, qui ultimam actionum in plantis metam constituit, qui Spiritus Rector, Sulphuris incola, Archæus, naturæ Famulus, Alchemistis audit. — — in hoc spiritu fragrans odor, sapor proprius, plantæ, quin et color singularis ab eo, multum pendet. Hunc Isaacus Hollandus appellat sua phrasi Quintam essentiam. — — Est ille agilis, odoratus, sapidus, ignis filius. Qui effectuum incredibilium vera causa. Ille igitur oleis innatus, in iis retentus et ligatus, illa imbuit virtute singulari, satis efficaci, neque alibi invenienda.

¹ Pabulum Ignis, Igne consumtum, aquam relinquet, evadit vero ipsum adeo tenua, ut in chaos aerium dilapsum, haud appareat ultra sensibus.

² Gabriel Daniel Fahrenheit (1686--1736), en Danziger af fødsel, der levede i Holland og England, var den første, som forfærdigede nøiagtige thermometre, først fyldt med spiritus, senere (omkring 1715) med kviksølv, og forsynede med den efter ham opkaldte skala.

³ Disse bestanddele, der angriber metallerne stærkt, findes i forskjellig mængde i luften paa de forskjellige steder af jorden. De indeholdes isærdeleshed i betydelig mængde i luften i Amerika og navnlig paa Bermudasøerne, som alle englændere bevidner.

Fra disse 4 instrumenta artis et naturæ gaar han over¹ til afsnittet de menstruis, næst afsnittet om ilden det vidtløftigste. Menstruum betyder egentlig et opløsningsmiddel, men bruges her for idetheletaget at betegne kemisk virksomme stoffer af alle slags, flydende saavelsom faste, olier, spiritus, alkalier, syrer og salte. Disses gjensidige virkning betragtes som beroende paa affiniteten; men medens denne oprindelig tænktes virkende mellem stoffer, der var indbyrdes beslægtede, fremhæver Boerhaave, at den netop virker mellem stoffer, som er af forskjellig natur og ikke beslægtede. Selve udtrykket affinitet var endnu ikke kommet almindelig i brug, og Boerhaave benytter det heller ikke meget, idet han gierne bruger en omskrivning; naar f. ex. metallerne opløses af en syre eller guldet af kongevand, foregaar dette formedelst en vis kraft, ifølge hvilken opløsningsmidlets dele tiltrækker delene af det opløste stof i høiere grad end de frastøder dem - magis ex amore quam odio. - Under den nærmere gjennemgaaelse af de forskjellige slags menstrua finder man udførligt omhandlet spørgsmaalet om alkaliernes oprindelse, et problem, som i lange tider havde været drøftet af kemikerne. Baade van Helmont og Boyle og med dem de allerfleste af deres samtidige, ligesom senere ogsaa Stahl, var af den mening, at alkalierne, som fandtes i asken fra planterne, ikke indeholdtes i selve den levende plante, men først dannedes ved dens forbrænding², og Boerhaave slutter sig hertil. — Hvad syrerne angaar, ser man, at de vigtigste af plantesyrerne (acida vegetantium nativa) vel var kjendt, men ikke holdtes nærmere ud fra hverandre og heller ikke med bestemthed skjelnedes fra edikesyren. De organiske syrer antoges at adskille sig fra mineralsyrerne (acida fossilia) derved, at de ikke som disse kunde forbinde sig med ædle metaller.

Medens det første bind af Boerhaaves elementa saaledes meddeler et mere almindeligt overblik over kemien, giver det andet bind en række mere detaillerede forskrifter til fremstillingen af de forskjellige præparater, tilligemed en fuldstændigere beskrivelse af disse. Under planteriget, der først omhandles, finder man foruden alkohol, edikesyre og en hel del rent farmaceutiske præparater, tillige omhandlet de forskjellige alkaliforbindelser. Under dyreriget omhandles bl. a. salmiak, der angives at komme fra

¹ Agite, auditores ornamentissimi, transeamus alacres ad aliud negotium!

² Idet planterne mentes at indeholde visse fjernere bestanddele, der først ved ildens paavirkning fik anledning til at træde sammen og danne alkalier.

³ Alkalikarbonat, alcali fixum eller sal alcalinus, sal vegetantium acer, sal tartari, cineres clavellati (potaske), salia Tacheniana. — kalihydrat, sal acerrimus cum calce viva, — de organiske syrers kalisalte som syresalt og de forskjellige slags tartarus, vinsten, hvorunder tartarus tartarisatus, normalt kaliumtartrat, samt tartarus regeneratus, der er kaliumacetat, fremstillet af sal tartari og edikesyre.

Ægypten, hvor den efter forskjellige samtidige beretninger sublimeredes af kamelmøg¹; videre ammoniumkarbonat, sal volatilis alcalinus. Præparaterne af mineralriget begynder med salpeter, nitrum, under hvilket kan mærkes nitrum alcalisatum, det ved forpufning af vinsten og salpeter erholdte alkalikarbonat; derefter kommer kogsalt. Endelig kommer svovlforbindelser, saavel svovllever 2 som tunge metallers sulfider, og tilslut de øvrige præparater af tunge metaller, tilligemed de af dem crholdte præparater; blandt saadanne kan her nævnes den ved tør destillation af blvsukker erholdte brændbare vædske (aceton), hvis forskjellighed fra den almindelige spiritus Boerhaave erkjendte. Ialt er der 227 forskjellige forskrifter, 88 under planteriget, 39 under dyreriget og 100 under mineralriget. Da der overalt tages mere hensyn til stoffernes oprindelse end til selve deres egenskaber, kan substantser, der i virkeligheden er identiske, komme til at behandles som forskjellige, saaledes alkalikarbonatet, der ikke blot opføres under planteriget, men ogsaa som nitrum alcalisatum under mineralriget.

¹ I Europa blev salmiak neppe fremstillet fabrikmæssigt for i den sidste halvdel af det 18de aarh. Den første salmiakfabrik skal være anlagt af Baumé 1770.

² Svovllever ansaæs for en forbindelse af svovl og alkali. Svovlet bliver opløst i sine to bestanddele, den sure bestanddel (acidum), der optages af alkaliet, samt oleum (flogiston), der ikke undviger, men indgaar forbindelse saævel med alkaliet som med den sure bestanddel, saæ det dannede svovllever bliver »acido, alcali et oleo constans«.

VIII.

Flogistontiden.

Gjennem Stahl og hans skole blev nu Berlin i længere tid et vigtigt sæde for det kemiske studium. Denne hovedstad havde ogsaa, ligesom tidligere London og Paris, faaet et videnskabeligt selskab¹, hvis skrifter først udkom paa latin (Miscellanea Berolinensia), men senere, efterat det af Fredrik II var bleven reorganiseret, paa fransk, som da var verdenssproget². Blandt Berlinerakademiets medlemmer er, foruden Stahl og Hoffmann, isærdeleshed følgende at nævne: Caspar Neumann (1683—1737), professor i kemi ved collegium medico-chirurgicum samt første hofapotheker, hvis forelæsninger udkom under titelen chymia medica dogmatico-experimentalis (1749-55), samt Johan Theodor Eller (1689-1760), der først havde været jurist, men blev derefter læge; han studerede i Paris under Homberg og Lemery og blev 1724 professor i anatomi ved det nævnte collegium. Begge disse var dygtige lærere, og om de end ikke har leveret meget videnskabeligt arbeide, har de dog øvet en betydelig indflydelse og i høi grad bidraget til udbredelse af kemiske kundskaber. Neumann efterfulgtes af Johann Heinrich Pott (1692-1777), som oprindelig var bestemt for theologien, men esterat have hørt Stahls og Hoffmanns forelæsninger gik over til kemien. Han laa

¹ Selskabet, der var stiftet 1700, men først traadte i virksomhed 1711, havde under Fredrik Wilhelm I's regjering kun havt liden fremgang, idet kongen, om han end havde nogen agtelse for kemi og medicin, dog idetheletaget ikke var gunstigt stemt for videnskaberne. Akademiets første præsident var Leibniz, men efter dennes død (1716) satte kongen mindre anseede mænd til dets præsidenter og vicepræsidenter, og haanede det ligefrem ved (1731) at beordre disses aarspenge opført *sub Titulo Vor die sämtliche Königl. Narren«, hvilken *odiöse Ausgabe« først bortfaldt 1740. Kongen havde 1723 besluttet at bygge et kemisk laboratorium og bemærker desangaaende: *Die Operationes Chymicæ werden zwer Impensa machen, jedoch aber dürfen wir dafür Douceurs zu gewarten haben, wann wir die Præparation und den Debit des Siegel-Lacks unice werden erhalten«. A. Harnack, Geschichte d. kgl. Akad. d. Wissensch. Berlin 1900, I.

² Under afhandlingernes titel staar gjerne »Traduit de l'Allemand«.

stadig i strid med Eller og sine andre kolleger og afbrød tilslut enhver forbindelse med akademiet. Pott var ellers en dygtig experimentator og har isærdeleshed gjort sig bekjendt ved undersøgelser af mineralers og jordarters forhold i høiere temperaturer, angaaende hvilket han i sin lithogeognosia (1746-1751) nedlagde en overordentlig stor mængde iagttagelser. Den betydeligste og mest anseede kemiker var imidlertid Andreas Sigismund Marggraf, der var født 1709 i Berlin, hvor hans far var apotheker, og som ester Eller blev direktør for akademiets sysiske klasse; han døde 1782. Marggraf var en ved reiser og grundige studier omhyggeligt uddannet skarp iagttager, hvis mange og betydelige arbeider vi senere flere gange vil komme tilbage til; han havde opmærksomheden meget henvendt paa stoffernes kemiske reaktioner og lagde mere vægt paa disse end de fleste af hans samtidige. Blandt Marggrass elever kan mærkes Valentin Rose (den ældre, 1735-1771), apotheker og medicinalassessor i Berlin, fra hvem flere navnkundige kemikere nedstammer. Hans navn er knyttet til den bekjendte letsmeltelige legering (Roses metal). Af tyske kemikere udenfor Berlin er at nævne Johann Georg Gmelin (1674-1728), apotheker i Tübingen, uddannet under Hiärne i Stockholm; han er ligeledes stamfar til en hel slægt af kemikere, og af hans tre sønner var den ældste apotheker og de to andre professorer i deres fødeby. – Ved siden af Berlinerakademiet opkom ogsaa flere andre lærde selskaber i Tyskland, saaledes bl. a. videnskabernes selskab i Göttingen 1751, under Albrecht v. Hallers forsæde, samt akademiet i München 1759.

I Frankrige, hvor flogistonlæren snart blev udbredt, isærdeleshed ved det af livlægen Jean Baptiste Senac (1693—1770) i 1723 udgivne nouveau cours de chymie, suivant les principes de Newton et Stahl, efterfulgtes Homberg og Lemery af en hel række kemikere: Étienne François Geoffroy, født 1672, og fra 1707 til sin død 1732 professor ved jardin du roi, hans yngre bror Claude Joseph Geoffroy (1685—1752), Jean Hellot (1685—1766) og Guillaume François Rouelle (1703—1770), demonstrator ved jardin du roi¹, en høist original personlighed,

Det vil erindres, at der ved jardin du roi foruden professoren tillige var ansat en demonstrator. Hoefer fortæller, at professoren, Claude Louis Bourdelin (1696—1777), pleiede at slutte sine forelæsninger saaledes: dette er altsaa principerne og theorien for denne operation, og nu vil hr. demonstratoren vise den ved sine experimenter. Bourdelins forelæsninger vakte kun liden interesse, men naar Rouelle viste sig, blev tilhørerne i høi grad opmærksomme; rigtignok viste ikke forsøgene det, som Bourdelin havde ment, men snarere det modsatte, saa professorens theorier regelmæssigt blev tilintetgjorte af demonstratoren. Rouelle blev meget ivrig under sit foredrag og kunde tale sig saa varm, at han tog paryk, kjole og vest af.

der har havt stor indflydelse paa kemien i Frankrige. Endvidere er at nævne den ikke blot som kemiker, men ogsaa som fysiker, meteorolog, fysiolog og botaniker høit anseede Henri Louis Duhamel du Monceau (1700—1781), elev af Lemery og den ældre Geoffroy, samt Pierre Joseph Macquer (1718—1784), siden 1770 professor ved jardin du roi, fra hvis haand man har en række velskrevne lærebøger samt en dictionnaire de chymie (1766 og 1768), der nød megen anseelse; fremdeles Mathieu Tillet (1714—1791) samt en hel del dygtige kemikere inden apothekerstanden, blandt hvilke Antoine Baumé (1728—1804) og Louis Claude Cadet (1731—1799), hvis navn er knyttet til kakodyloxydet, som han fremstillede 1760.

Paa de britiske øer, hvor der ved siden af royal society oprettedes lignende selskaber i Dublin (1787) og Edinburg (1788), var den videnskabelige interesse isærdeleshed optaget paa det felt, som Isaac Newton (1672-1726) havde aabnet, mathematikens anvendelse paa naturforskningen, men kemien var endnu ikke nok udviklet til at kunne tage del i dette. I den nærmeste tid ester Boyles død er af mere fremtrædende engelske kemikere neppe andre at nævne end Stephen Hales (1677-1761), en prest, som indgaaende beskjæstigede sig med studiet af gasarterne. Hans hovedværk er statical essays, hvis første del, vegetable staticks (1727) i 6te kapitel indeholder analysis of the air; man skylder ogsaa Hales de første nøiagtigere maalinger af blodtrykket samt af saftstrømmen i planterne. I lægen William Cullen (1710-1790), der holdt forelæsninger over kemi i Glasgow og Edinburg, havde man en dygtig lærer, der i høi grad bidrog til at holde interessen for kemien vedlige. Af hans elever er først og fremst at nævne Joseph Black (1728—1799), der, da Cullen var gaaet over til professor i medicin, efterfulgte ham paa den kemiske lærestol i Edinburg, hvor han virkede en menneskealder; han var en fremragende lærer og dygtig experimentator og har foruden de kemiske arbeider, vi senere kommer til at omtale, tillige leveret fysiske, navnlig om den latente varme. En samtidig af ham var Henry Cavendish (1731-1810), der tilhørte en rig og fornem familie, men levede i tilbagetrukken ensomhed udelukkende for videnskaben. Cavendish har bl. a. opdaget vandstoffet og bestemt den atmosfæriske lufts natur; han havde en grundig mathematisk uddannelse, og med samme skarpsindighed og nøiagtighed som i kemien bearbeidede han ogsaa fysiken, hvor han bl. a, har leveret et mærkeligt arbeide over metallernes specifike varme. Joseph Priestley (1733-1804) var ud-

¹ Baumés aræometer blev konstrueret 1768-69.

dannet som theolog og levede i smaa og trykkende kaar som sproglærer og prest, da han begyndte at beskjæftige sig med naturvidenskaberne. En bedre lønnet ansættelse hos en rig privatmand gav ham i 40-aars alderen nogle aars uasbrudt otium til det arbeide, der har sikret ham en fremtrædende plads i kemiens historie. Efter en tids forløb blev han imidlertid uenig med sin velynder og blev prest ved en dissentermenighed i Birmingham, hvor han indviklede sig i politiske og religiøse stridigheder, der tilslut gjorde ham det umuligt at forblive i England, saa han 1705 udvandrede til Nordamerika. Priestley har udgivet en mængde skrifter, hvoraf dog de fleste behandler theologiske, metafysiske og politiske spørgsmaal; hans naturvidenskabelige skrifter omhandler elektricitet, optik og kemi. Hans landsmand Thomson siger i sin history of chemistry, at han som elektriker var respektabel, som optiker kun en kompilator, men som kemiker en opdager. Han har ogsaa i virkeligheden fundet meget nyt, der har havt den største betydning, men hans undersøgelser er ikke udført efter nogen konsekvent anlagt plan; de er uden indbyrdes sammenhæng, heller ikke indgaaende bearbeidede, og han synes ikke at have havt den fulde erkjendelse af deres virkelige videnskabelige betydning. — Noget yngre var irlænderen Richard Kirwan (1750-1812), der begyndte som advokat i London, men senere gik over til at dyrke naturvidenskaberne, isærdeleshed kemi, mineralogi og geologi; siden 1790 virkede han i Irland som præsident for det derværende akademi.

Ogsaa i de øvrige lande i Nordeuropa blev der oprettet akademier og lærde selskaber. Ved akademiet i St. Petersburg, der stiftedes 1725, virkede Michailo Wassiliewitsch Lomonossow (1711-1765), en mærkelig personlighed, der baade som kemiker og som fysiker var langt forud for sin tid. Han udgav 1763 det første kemiske værk, som er forfattet paa det russiske sprog. – Videre oprettedes lærde selskaber i Upsala 1728, i Stockholm 1739, i Kjøbenhavn 1742, i Haarlem 1754 samt endelig i Trondhjem 1760; det sidste selskab, til hvis oprettelse den lærde biskop Gunnerus havde givet stødet, fik 1767 kongelig stadfæstelse. I Norge blev 1757 oprettet et bergseminarium paa Kongsberg, den ældste bergskole i Europa, og den første læreanstalt her i landet, hvor kemien blev gjenstand for regelmæssige forelæsninger. Det var imidlertid kun i Sverige, at der udfoldede sig et rigere videnskabeligt liv; Sverige tæller i denne Linnés tidsalder (1707-1778) en hel række navne, som har en god klang i videnskabens historie, saaledes familien Celsius, af hvilken far, søn og sønnesøn var professorer i Upsala; af disse er navnlig den sidste, Anders Celsius (1701-1744), bekjendt for sin inddeling af thermometret (1742). Og der er et stort antal navne, isærdeleshed inden

bergetaten, som med ære nævnes i kemiens historie: Georg Brandt (1694-1768), der forestod det kemiske laboratorium i Stockholm, Henrik Theophilus Scheffer (1710-1759), der holdt forelæsninger over kemi i Stockholm, Sven Rinman (1720-1792), Alexander Fredrik Cronstedt (1722—1765), der i sit forsök till Mineral-Rikets upställning 1758 søgte at klassificere mineralerne efter kemiske principer; videre Johan Gottschalk Wallerius (1709-1785), den første professor i kemi ved universitetet i Upsala¹, med hvem, har man sagt, Paracelsus', van Helmonts, Bechers og Stahls kemisk-filosofiske æt uddøde i Sverige. Han estersulgtes 1767 af Torbern Bergman (1735-1784), der tidligere hovedsageligt havde beskjæftiget sig med mathematiske studier, men som nu slog ind paa kemien, hvor han ved en række betydningsfulde arbeider, som vi senere kommer tilbage til, snart kom i saadant ry, at han 1777 fik en kaldelse til Berlin som Potts efterfølger, hvilken han dog afslog. Bergman har ogsaa beskjæftiget sig med mineralogiske arbeider, og navnlig stærkt fremholdt nødvendigheden af ved mineralernes klassifikation at tage overveiende hensyn til deres kemiske sammensætning. Bergman samlede sine arbeider under titelen opuscula physica et chemica; i hans levetid udkom 3 bind i Upsala 1779-1783, medens hans øvrige afhandlinger udkom i Leipzig 1787-1790. Endnu er at nævne Anders Jahan Retzius (1742-1821) og Johan Gottlieb Gahn (1745-1818), samt endelig Carl Wilhelm Scheele, et navn, der til alle tider vil staa som et af de allerførste i kemiens historie.

Scheele var født 1742 i Stralsund, hovedstaden i svensk Pommern, og kom i 17-aars alderen paa et apothek i Gøteborg, hvor han ved hjælp af Kunckels og Neumanns bøger under ihærdig experimenteren lagde en solid grundvold for sit videnskabelige arbeide; efter 8 aars ophold i Gøteborg kom han til Malmø, derfra til Stockholm, og efter nogle aars ophold i Upsala overtog han 1775 apotheket i Köping, hvor han døde 1786, kun lidt over 43 aar gammel². Scheele var en skarpsindig og selvstændig

Dette professorembede, der oprettedes 1750, omfattede tillige metallurgi og farmaci, og hørte under det filosofiske fakultet. I 1752 blev der indrettet et laboratorium, hvor der foretoges øvelser 2 dage i ugen, men der gik videre 6 aar hen, før Wallerius fik en assistent (laborator). C. E. Bergstrand, J. G. Wallerius, Stockholm 1885.

² Scheeles navn nævnes første gang i vetenskapsakademiens handlingar for 177¢, i en afhandling af Retzius, hvor han omtales som en snabb och lärgirig pharmaciæ studiosus, hvem det havde lykkedes at fremstille den rene vinsyre af vinsten. De to første afhandlinger, Scheele selv indsendte til akademiet, blev ikke antagne, som det synes paa grund af en bedømmelse af Bergman, som vel dengang endnu kun havde mindre erfaring som kemiker, og det var først 1771, at han fik trykt sit første arbeide, om flussyren. Scheele var imidlertid aaret forud flyttet til Upsala som laborant ved et Vid.-Selsk. Skrifter. 1. M.-N. Kl. 1906. No. 4.

forsker, der var langt forud for sin tid i opfatningen af de kemiske processer. Han var en ganske usædvanlig, ligefrem glimrende experimentator, og det er aldeles uden sidestykke, at en enkelt mand med saa smaa hjælpemidler og i saa kort tid har formaaet at berige kemien med saamange vigtige opdagelser paa snart sagt alle dens felter; dreven af en uudslukkelig forskertrang arbeidede han ene og alene for at finde sandheden, og enhver tanke om egen ære eller fordel laa fjernt fra den fordringsløse og ædle forsker. Hans afhandlinger udkom paa latin i Leipzig 1780—1789, samt paa tysk i Berlin 1793.

De videnskabelige ashandlinger af det 18de aarhundredes kemikere er i almindelighed indtagne i de lærde selskabers skrifter, af hvilke forfatterne var medlemmer. Henimod aarhundredets slutning begyndte man dog ogsaa at udgive særskilte, af de lærde selskaber uashængige tidsskrifter. Lorenz von Crell (1744—1816), prosessor i Helmstädt, begyndte 1778 at udgive et saadant, og til disse Crells annaler har saavel Scheele som slere andre af de ovensor nævnte leveret mange bidrag. François Rozier (1734—1793) begyndte 1771 i Paris at udgive journal de physique, der ligeledes indeholdt mange kemiske arbeider.

Disse det 18de aarhundredes kemikere hyldede læren om flogiston. Den var deres udgangspunkt og prægede deres arbeide og udtryksmaade. De betragtede metallerne, svovl, fosfor og lignende stoffer som sammensatte, men metaloxyderne, svovlsyren og fosforsyren som enkelte stoffer.

apothek, og gjennem Gahn, der synes at have været den første, som forstod Scheeles fremragende forskernatur, kom han her i berørelse med Bergman. Forholdet mellem disse var vistnok, som følge af misstemning over de ikke antagne afhandlinger, i begyndelsen kjøligt, men esterhaanden blev der venskab og samarbeide mellem dem. Anledningen til, at han kom i berørelse med Bergman, var, at denne havde kasseret en prove salpeter, der var leveret af Scheeles principal, fordi den ester at have været smeltet og ophedet esterlod et delikvescerende residuum og gav røde dampe med syrer. Bergman kjendte ikke noget til kaliumnitrit, men Scheele kunde paa grundlag af egne experimenter give sin principal den rigtige forklaring, og denne blev gjennem Gahn bragt til Bergman. Om forholdet mellem disse to siger Retzius, at det var vanskeligt at afgjøre, hvem der var docens eller discens; hvor det gjaldt experimenter, var Scheele visselig Bergmans læremester, men paa den anden side kunde han ogsaa lære meget af den kundskabsrige universitetslærer, Scheele begyndte nu at blive anerkjendt, og 1775 blev han medlem af akademiet, en enestaaende udmærkelse for en studiosus pharmaciæ. For imidlertid at faa en uafhængigere stilling overtog han, først som provisor og derefter som eier, apotheket i Köping, idet han blev fritaget for at aflægge examen. I den lille afsidesliggende by ved Mælaren levede han nu sine sidste 11 aar i et uafbrudt forskningsarbeide, og afslog ærefulde kaldelser til Berlin og England: »jag kan ej mer än äta mig mätt, och om detta går an i Köping, behösvar jag icke annorstädes söka dete. A. E. Nordenskiöld, C. W. Scheeles bref och anteckningar. Stockholm 1892.

Vandet betragtede de ligeledes som et enkelt stof¹, og som et saadant ansaa de ogsaa selve flogistonet. De var ingenlunde blinde for theoriens svage punkt, som allerede har været nævnt, det nemlig, at stofferne tiltog i vægt, naar deres flogiston gik bort, og de kom gjentagende ind paa dette. Dels søgte man at forklare sagen gjennem et ræsonnement, der hvilede paa den samme forveksling af absolut og specifik vægt, som det foregaaende sekulums kemikere, Boyle alene undtagen, ofte gjorde sig skyldige i2; dels tillagde man flogistonet, der synes at fjerne sig fra jorden, medens alle andre stoffer tiltrækkes af den, en negativ vægt, saa at de stoffer, som optog den, maatte blive lettere³. Mange opgav ligefrem at forklare sagen; Tillet siger (1763), at metallernes vægtsforøgelse ved forkalkning er et kemisk paradox, der ikke lader sig forene med tidens fysikalske forestillinger, og at det maa overlades fremtiden at løse denne Romonossow, der var en af de faa af tidens kemikere, som ikke var tilhænger af flogistonlæren, var vistnok allerede 1745 inde paa den rigtige forklaring, idet han af Boyles forsøg over kalcinationen drog den slutning, at vægtsforøgelsen skyldtes en optagen af luftpartikler. Men man forstod ham endnu ikke, og han blev ikke paaagtet. - For de allerfleste af den tids kemikere synes det ogsaa at have staaet, bemærker Kopp, som om spørgsmaalet om vægten ikke egentlig kom dem saa meget ved; det var ikke noget kemisk, men et fysikalsk problem, og det vakte kun i mindre grad deres interesse. Man maa ogsaa, som navnlig Kahlbaum har fremhævet, tage i betragtning, at de ved Newton indførte forestillinger om tyngden som en kraft, der paavirker alle stoffer, endnu ikke var trængt ind i den almindelige bevidsthed, og man havde derfor endnu ret uklare forestillinger om vægtens betydning4; meget almindelig nærede man ogsaa den urigtige mening, som tilmed ansaaes for at være experimentelt bevist, at man, naar en afveiet mængde metal forkalkes og derefter reduceres, ikke faar igjen hele den oprindelige vægt af

¹ I Macques dictionnaire siges, at vandet synes at være en uforanderlig substants, der ikke lader sig destruere.

² Saaledes en af Stahls disciple, den medicinske professor i Halle Johann Juncker (1683-1759), der henviste til, at brændt teglsten har større vægt for samme volum end den ikke brændte, eller at stoffer som uld eller fjær veier mere for samme volum, jo stærkere de presses sammen.

³ Denne mening blev isærdeleshed forfægtet af Scheffer samt af F. A. C. Gren (1760 – 1798), professor i Halle, der dog tilslut fandt at maatte opgive den.

⁴ Jacob Reinhold Spielmann (1722-1783), professor i Strassburg, siger i sine forelæsninger over kemien (1762), at det er ganske rimeligt, at man, naar der tales om flogisticeren og deflogisticeren, ikke tager vægtsforholdene i betragtning, for der er jo ingen, som ved, hvad vægten egentlig er.

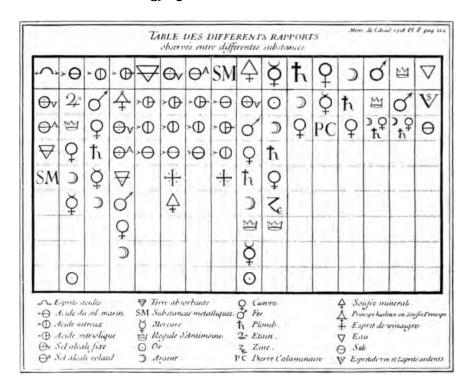
metallet 1. Man havde glemt, at allerede van Helmont havde faaet stofferne tilbage in pristinum corpus et pondus, og man var gjennem unoiagtige experimenter kommen til at betragte vægten som noget foranderligt. Deraf denne utilbøielighed til at tage hensyn til vægtsforholdene og til at beskjæstige sig med kvantitative undersøgelser. Størstedelen af det 18de aarhundredes kemikere arbeidede saagodtsom udelukkende kvalitativt, og det var først i flogistontidens senere aar, at nogle forholdsvis faa begyndte at drive kvantitativt arbeide. De kvalitative undersøgelser var imidlertid nu langt mere indgaaende end tidligere. Dette medførte i første række, at de forskjellige grupper af stoffer, som før var behandlet under et, som jordarter eller alkalier, nu blev opløste, idet man erkjendte, at de indeholdt en række forskjellige bestanddele, hvis eiendommeligheder som særskilte stoffer blev studerede. Paa dette punkt gjorde kemien i flogistontiden særdeles betydelige fremskridt. Den speciellere gjennemgaaelse i det følgende vil give et begreb om dette store og grundlæggende arbeide, som flogistikerne har fortjenesten af at have udført, og som den følgende tid byggede paa.

Det var ikke at vente, at denne tid og denne retning, for hvem vægtsforholdenes betydning ved de kemiske processer var saa fremmed, skulde
være istand til at trænge noget dybere ind i den theoretiske kemi. Imidlertid havde korpuskulartheorierne udspilt sin rolle, og Newtons ideer
om tiltrækningen mellem himmellegemerne i verdensrummet var traadt i
forbindelse med kemien². Kemikerne fik herigjennem en forestilling om,
at de forskjellige stoffer tiltrak hverandre med en kraft, der var forskjellig
efter stoffernes natur. Man søgte at give udtryk for dette ved at ordne
de forskjellige slags stoffer i rækker efter den aftagende affinitet til bestemte stoffer, der toges til udgangspunkt; allerede Stahl havde været inde
paa dette, men det var isærdeleshed den ældre Geoffroy, der 1718 paa

Lemery mener, at naar blyet ved forkalkningen tiltager i vægt, er det, fordi de indtrængte ildpartikler holdes tilbage i porerne, og at disse atter drives ud ved reduktionen, men »blyet veier da mindre end før kalcinationen, fordi det har tabt sine svovlbestanddele«. — Naar Stahl, som før nævnt, i specimen Becherianum siger, at ved blyets forkalkning gaar flogiston bort, uagtet vægten tiltager, og at det igjen optages ved reduktionen, medens vægten ikke destomindre aftager, — saa tilføier han, at vægten af det reducerede bly er betydelig forskjellig fra vægten af det oprindeligt anvendte.

Naar vinstensaltet henflyder, siger Newton, er der da ikke en tiltrækning mellem saltpartiklerne og vanddampene i atmosfæren? og naar salpeter og vitriol ikke henflyder, er det da ikke, fordi der mangler saadan tiltrækning? Newton mente dog, at den kemiske tiltrækning var forskjellig fra den almindelige gravitation, idet han antog, at den aftog hurtigere med afstanden. Men den franske naturhistoriker Buffon (1707-1788), der med al sin lærdom forovrigt dog vel her neppe var paa sit rette felt, forfægtede den anskuelse, at den kemiske tiltrækning var identisk med gravitationen, og der var mange kemikere, som mente det samme.

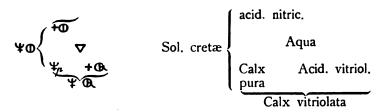
grundlag af sine dekompositionsforsøg udarbeidede fuldstændige affinitetstabeller (tables de rapport), hvor stofferne var ordnede i vertikale rækker, saaledes at hvert foregaaende kunde uddrive det efterfølgende af sin forbindelse med det stof, der var skrevet over rækken, saaledes som det vil sees af nedenstaaende gjengivelse af tabellen:



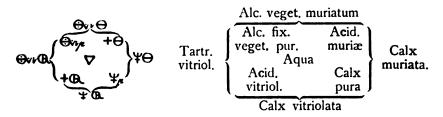
Som exempel paa tabellens anvendelse til at forklare de kemiske processer tager Geoffroy kviksølvsublimatets fremstilling ved ophedning af vandfri vitriol, kogsalt og kviksølvnitrat, hvor de 3 forekommende syrer er bundne saaledes, at saltsyren hører til en alkalisk jordart, medens de to andre er bundne til metalliske substantser. Efter tabellens første vertikalrække har syrer i almindelighed mere rapport til kogsaltets jordart end til metaller, og efter 5te række er svovlsyrens rapport til kogsaltjorden stærkere end de to andre syrer: derfor opgiver svovlsyren metallet og gaar til jordarten. Den undvigende saltsyre har efter ottende række mere rapport til metaller end de to andre syrer: den angriber baade jernet og kviksølvet, og den med det sidstnævnte metal forbundne salpetersyre uddrives o. s. v. — Denne slags tabeller var i det 18de aarhundrede meget yndede, og at bestemme affiniteten af et nyopdaget stof ansaaes dengang ligesaa vigtigt som den senere tid synes, at bestemmelsen af dets atomvægt er, siger Kopp. Der udkom flere tabeller baade

i Frankrige og i Tyskland, og de naaede sit høidepunkt og fandt sin afslutning ved Bergman og Kirwan, og isærdeleshed nød den førstnævntes i 1775 udgivne tabeller megen anseelse.

Bergman gik ud fra, at aarsagen til de processer, hvorved kemiske forbindelser dannes, var den almindelige gravitation, men mente dog, at tiltrækningen paa grund af partiklernes ringe afstand maatte ytre sig paa en anden maade end ved denne. Attraktionen mellem delene af to stoffer, mente han, var en bestemt størrelse, der under samme fysikalske betingelser kunde betragtes som konstant, og som saaledes var uafhængig af de mængder, hvori stofferne befandt sig tilstede. Om end attraktionen var konstant, lod den sig dog ikke udtrykke absolut, ved et tal, men kun relativt i form af rækker. - Man har et stof A, der kan forbinde sig med a, b og c; hvis man nu til forbindelsen Ac sætter b og dette driver c ud (Ac + b = Ab + c), saa har b til A stærkere tiltrækning end c; hvis videre Ab + a = Aa + b, saa har a en stærkere tiltrækkende kraft end b, og man kan da opstille rækken a, b, c. Denne slags processer, der finder sted mellem 3 stoffer, saa at det ene træder ud, hensørte Bergman til attractio electiva simplex, medens dobbelte dekompositioner som Ab + Bc = Ac + Bb henførtes til attractio duplex. Han udtrykte disse processer ved schemata, hvor bestanddelene af det givne stof er indfattede i en vertikal klammer, medens bestanddelene af den dannede forbindelse indfattes i en horizontal. Reaktionen Ca (NO₃), $+ H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HNO_3$ betegnede han f. ex. saaledes:



eller $CaCl_2 + K_2SO_4 = CaSO_4 + 2KCl$ saaledes:



De processer, der beror paa legemernes forskjellige attraktion, er imidlertid af hængige af temperaturen, og det kan derfor indtræffe, hvad allerede Baumé havde gjort opmærksom paa, at rækken endog kan vendes ganske om, naar temperaturen forhøies, navnlig i de tilfælde, hvor flygtigheden spiller med. Derfor delte Bergman hver af de 59 rækker, han gav i sin afhandling de attractionibus electivis, i to underafdelinger, for vaad og for tør vei, saaledes som det vil sees af det paa næste side meddelte faksimileuddrag af tabellerne.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
|---|----------|------|-------|------|------|------|---|---|---|----------------|-----------|----------------|----------|
| | + Q | +04 | + O | +04 | +0 | +0% | ⊕vvp | ⊕Vmp | OAP | ¥P | 4 7 | ¥P | 8 |
| | ¥P | ¥P | 40 | ¥P | ¥P | 半, | + B. | + D- | + B | +0 | +0 | +0 | + 0 |
| | Ovvp | Ovvp | Durp | | @ vp | | +0 | + O | +0 | +0 | ++ | +4 | +0 |
| | Dimp | Dimp | Ovmy | Ovmp | Owmp | Ownp | +0 | +0 | +0 | + 00 | + 1 | 4 | +0 |
| | YP | YP | YP. | YP. | 40 | YP | +8 | +8 | +0 | $+\mathcal{F}$ | +- | + B | + 🚱 |
| | 40 | 40 | YP | ¥P | 40 | ¥P | +3 | +7 | +.7 | ++ | + 🕀 | +7 | 0+0 |
| d | (A) | @Ap | ⊕Ap | (A) | OAP | ⊕^p | +7 | +4 | +4 | +4 | +4 | +8 | +3 |
| | 70 | 7 | 20 | VP | 2 | 70 | +0 | | +0 | +4 | +4 | 0+0 | +8 |
| 1 | 40 | Ψô | ¥Ó | Ψô | 40 | Ψô | | + 🕀 | | | | and the second | |
| 1 | ¥8 | | | | | | + 🖵 | | +早 | + 😥 | +@ | + 🔞 | ++ |
| ١ | | ¥0 | 43 | 43 | Y. | ¥0 | 0+0 | 0+0 | 0+0 | + O | +Φ | + 🕀 | +5 |
| 1 | A.P | ΨΦ | 4ª | 4ª | ΨΦ | ΨĐ | ++ | ++ | ++ | +0 | +0 | +0 | @ |
| | YR. | ΨA | YA | YR. | *X | YR | +00 | +00 | +00 | +8 | +8 | +0 | @ |
| ı | 48 | *8 | ¥8 | 48 | ¥8 | 48 | +C | +C | +C | +C | +.7 | ++ | +C |
| 4 | ¥ħ | ¥ to | 44 | ¥5 | ¥b | ¥ b | ++ | +5 | +5 | +- | 0+0 | +口 | +4 |
| ı | ¥4 | ¥4 | ¥4 | ¥24 | ¥4 | ¥24 | +0 | +0 | +0 | 0+0 | +5 | +€ | +4 |
| 1 | Ψ 0 | A & | 40 | 40 | 40 | 40 | +090 | +090 | +040 | +5 | +0 | +5 | +3 |
| I | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | ¥8 | # | # | * | +0 | +C | +0 | +0 |
| 1 | 45 | 4 4 | ¥ 5 | 45 | ¥5 | 4 5 | +4 | +4 | +4 | +090 | +090 | +090 | +09 |
| ı | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | +0 | +0 | +0 | # | + | + | * |
| I | ΨÅ | AA | AA | ¥Å | ħά | ĀĀ | +0 | + 🖒 | + 🖒 | + 🖒 | +🖒 | + 🖒 | + 🗠 |
| ۱ | YD | CY | ¥5 | Ψ'n | YD | Ψż | +0% | +0.4 | + Q -& | | +B-\$- | +04 | +0 |
| ł | ¥0 | ¥0 | ¥0 | 40 | 40 | ¥0 | +00/20 | | | | 1 Chate | + Capito | |
| ł | | ¥20 | | | | | | | + Op-4 | +0,0 | +04 | + A | +00 |
| ۱ | A000 | - | | #X0 | YXO | ¥30 | | A | A | A | A | A | A |
| ł | V | V | V | V | V | V | + 4 | + @ | + 0 | + 🕲 | +0 | +0 | + 0 |
| ۱ | V | V | 8 | V | V | V | V | V | ∇ | ∇ | ∇ | | |
| 1 | 4 | 4 | 仝 | 4 | 今 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 1 | | | - | | | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| ۱ | | | | | | | ¥ m. | Ym. | 4 | 100 | | - | |
| ١ | | | | | | | - | | | | | | |
| Į | | | 11-11 | 100 | | | | | | | | | |
| I | \$ | | 4 | | 4 | | +4 | +4 | - | +4 | +4 | +4 | +4 |
| I | ¥P | | ¥P | | ¥P | | +4 | +4 | | +4 | +4 | +4 | +4 |
| 1 | Ovvr | | Devp | | Ovrp | - | +0 | +0 | | + 🖒 | + 4 | +4 | +4 |
| ۱ | Dynup | | | | Ovmp | | | 0+0 | - | o Ho | oto | 0+0 | oto |
| ł | | | Owmp | - | Wn | - | 0+0 | | 10 | | | - | - |
| ı | 4 1 | - | YP. | - | ¥P. | - | + & | + B. | + 1 | + 0 | + B. | + 0 | + 0 |
| ı | ¥P_ | | ¥P | | ¥P | | +0 | +0 | +0 | + 00 | + 60 | +7 | + 0 |
| | ¥m. | | ¥m. | - | ¥ m | | +0 | +0 | + G | +.7 | +0 | +8 | + 6 |
| ١ | O.b | | ⊕^p | | BAP. | | +8 | +8 | +8 | +0 | +0 | + 00 | +3 |
| 1 | | | P | - | J. | | +7 | +7 | +.7 | +0 | +8 | +0 | +8 |
| | Pp | | 147 | - | | | +00 | + 60 | + 60 | +6 | +.7 | +0 | + 6 |
| ۱ | 7º | | | | | | ++ | +5 | +,+ | +,+ | +.+ | +.+ | ++ |
| | ₹p | | | | _ | | +0 | +0 | +0 | +0 | +0 | +0 | +0 |
| | 70 | | | | | | | | 0 | . 9 | 1-9- | . 0 | 1. 9 |
| | 70 | | | | | - | | +010 | +0+0 | 1000 | 4040 | +0+0 | +0+ |
| | | | | | | - | +090 | | | | | +0+0 | |
| | | | | | | | +040 | ++: | + | # | # | | |
| 1 | | | | | | | +0f0 # # | # 42 | # | # | 杂 | * | + |
| 1 | | | | | 7 | | +0f0 # # 4 # 1 | # 42 | # 44 | | | | + |
| 1 | | | | | | | +040 # # * * * * * * * * * * * * * * * * * * | # 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 | * | # | # @\/p | # ⊕√p | # 6v) |
| | | | | | | | +0f0 # # // # // # // # // # // # // | # ¥ P P P P P P P P P P P P P P P P P P | # ¥ ¥ ₽ ¥ ₽ | # | 杂 | * | + |
| | | | | | | | +040 # # * * * * * * * * * * * * * * * * * * | # 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 | * | # | # @\/p | # ⊕√p | # 6v) |

Spalterne 1-6: syrer og 26-32: baser. 1 svovlsyre, 2 svovlsyrling, flogisticeret svovlsyre, 3 salpetersyre, 4 salpetersyrling, 5 saltsyre, 6 klor, deflogisticeret saltsyre.

Vaad vei:

| | 1. | 26. |
|-------------|---|-------------------------------|
| 1. | Svovlsyre | Kali |
| 2. | Baryt | Svovlsyre |
| 3 | Kali | Salpetersyre |
| 4. | Natron | Saltsyre |
| 5. | Kalk | Fedtsyre (acidum sebi) |
| 6. | Magnesia | Flussyre |
| 7. | Ammoniak | _ |
| S. | Lerjord | Oxalsyre (acid. sacchari) |
| 9. | Zink | Vinsyre |
| 10. | Jern | Arsensyre |
| 11. | Mangan | Oxalsyre (acid, acetosellæ) |
| 12. | Kobolt | Ravsyre |
| 13. | Nikkel 멀 | Citronsyre |
| 14. | Bly | Myresyre |
| 15. | Tin 🗐 | Melkesyre |
| 16. | Bly Tin Kobber Vismut Antimon Arsen | Benzoesyre |
| 17. | Vismut | Edikesyre |
| 18. | Antimon 5 | Fosforsyre |
| 19. | Arsen | Slimsyre (acid. sacch, lact.) |
| 20. | Kviksolv | Borsyre |
| 21. | Solv | Svovlsyrling |
| 22. | Guld | - |
| 23. | Platina J | Kulsyre (acid. aëreum) |
| 24. | Vand | Blaasyre |
| 25. | Alkohol | Vand |
| | Flogiston | Fed olic |
| 27. | | Svovl |
| 28. | • | Metalkalk |
| | Tor | vei; |
| 31. | Flogiston | Fosforsyre |
| 32. | Baryt | — (perlesyre) |
| 33. | Kali | Borsyre |
| 34. | Natron | Arsensyre |
| 35. | Kalk | Svovlsyre |
| 36. | Magnesia | Salpetersyre |
| 37. | Metalkalk | Saltsyre |
| 3S. | Ammoniak | Fedtsyre |
| 39. | Lerjord | Flussyre |
| 40. | | Ravsyre |
| 41. | · · · · · · · · · · · · · · · · | Myresyre. |
| 42. | | Melk e syre |
| 43. | | Benzoesyre |
| 44. | | Edikesyre |
| 45. | • • • • • • • • • • • | Baryt |
| 46. | • • • • • • • • • • • • | Kalk |
| 47. | • | Magnesia |
| 48. | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | Lerjord |
| 49 . | • • • • • • • • • • • | Kiseljord Svovi |
| SO. | | 3V0VI |

For at bestemme attraktionens størrelse udførte Bergman ogsaa kvantitative forsøg, i lighed med dem, som Homberg et par menneskealdre før havde udført; han bestemte mængden af de forskjellige syrer, der neutraliserede samme mængde base, og fandt, at der til

| | | | 100 v | vægtsdele | |
|-----------------|----------------|--|-------|-----------|--|
| | | | kali | natron | |
| m e dgik | svovlsyre | | 78,5 | 177 | |
| | salpetersyre . | | 64 | 135,5 | |
| | saltsyre | | 57,5 | 125. | |

Heraf mente han at kunne udlede, at syrekvantiteterne gav samme rækkefølge som den, hvori syrerne i hans tabeller var opført efter deres affinitet, men det viste sig snart, at bestemmelserne ikke var rigtige¹.

Foruden de af Bergman opstillede attractio simplex og duplex adskilte Macquer (1778) endnu som et særeget tilsælde den reciproke affinitet, hvor sorskjellen mellem b og c's affinitet til A er saa ringe, at processen Ac + b = Ab + c under sorandrede sorhold, s. ex. sorandret temperatur, kan vendes om og gaa i modsat retning. — Betegnelsen affinitet blev esterhaanden mod aarhundredets slutning den almindeligst benyttede, uagtet saavel Geoffroy som Bergman havde brugt andre udtryk. Naar Bergman soretrak attraktion fremsor affinitet, var det, sordi han sandt det sidste udtryk mere metasorisk og dersor mindre anvendeligt i naturvidenskaberne, — og at Geosssroy brugte betegnelsen rapport, laa vel nærmest deri, at udtrykket attraktion var mindre vel seet ved det sranske akademi, der var i opposition til Newtons theorier.

Omtrent samtidig med Bergmans arbeide offentliggjordes et andet værk over affiniteten, der indeholdt den første spire til et betydeligt fremskridt, men som endnu ikke formaaede at øve nogen indflydelse; det var Wenzels Vorlesungen über die chemische Verwandtschaft, 1777. Carl Friedrich Wenzel (1740—1793) var søn af en bogbinder i Dresden og skulde lære sin fars haandværk, men rømte hjemmefra til Holland, hvor han lærte som kirurg og farmaceut; efter nogle aars virksomhed som skibslæge kom han hjem igjen 1766, og blev 1780 direktør for bergværkerne i Freiberg. I hans ovennævnte arbeide finder man principet for den kemiske massevirkning ganske tydeligt udtalt, vistnok uden suldstændigere experimentelle data eller nogen nærmere indgaaen paa sorklaringen af de

¹ De rigtige tal er

^{85 128} 114 172 58 87

kemiske processer, men Wenzels tanker forblev upaaagtede af samtiden, og det var først flere aar efter, at de blev gjenoptagne. Ellers indeholder værket et betydeligt antal analyser af forskjellige salte, der viste, at syrerne og baserne forbinder sig til salte i bestemte vægtsforhold.

Hvad nu saltene angaar, saa brugte man gjerne betegnelsen neutralsalt eller middelsalt, sal neutrum s. medium, ogsaa sal salsum, i modsætning til sal alcali og sal acidum, hvilket sidste svarede til begrebet syre. Man kjendte længe kun nogle faa saadanne neutralsalte, idet man til dem i regelen kun henførte de fixe og flygtige alkaliers forbindelser med mineralsyrerne, der alle er opløselige i vand. Det første, hvis nærmere bestanddele man allerede i det 17de aarh. havde lært at kjende, var kaliumsulfatet, tartarus vitriolatus, der ester sine to bestanddele ogsaa kaldtes sal duplicatum, sal de duobus 1. - Læren om saltene gjorde nu i flogistontiden betydelig fremskridt, isærdeleshed ved Rouelle, som (1744) gav begrebet salt en langt større udstrækning, idet han ikke indskrænkede det til forbindelserne mellem syre og alkali (I pag. 77) eller lod opløseligheden være det bestemmende, men som neutrale middelsalte betegnede hvilkensomhelst forbindelse af en hvilkensomhelst syre, mineralsk eller vegetabilsk, ikke blot med alkalier, men ogsaa med alkaliske jordarter og metaller. I et følgende arbeide (1754) udtrykte han sig saaledes, at et salt er en forbindelse af en hvilkensomhelst syre med en hvilkensomhelst substants, qui lui sert de base et lui donne une forme concrête ou solide. Dette udtryk base, som vistnok allerede tidligere havde været benyttet (f.ex. af Boerhaave, pag. 25), og som i et ord siger, hvad man før udtrykte ved en omskrivning (f. ex. materia illa, quæ sali corpus præbat), blev fra nu af almindelig anvendt og har siden hørt til de staaende udtryk i kemien. Rouelle erkjendte ogsaa, at mange krystalliserede salte indeholder kemisk bundet vand som væsentlig bestanddel, og han indførte i kemien benævnelsen krystalvand (eau de la crystallisation, afin de la distinguer de l'eau qui se dissipe par l'évaporation). Imidlertid delte han endnu Stahls mening, at metallernes bestanddele var syre og regulinsk metal, og han tænkte sig saaledes kviksølvsublimatet bestaaende af saltsyre med kviksølv som base; det var først Bergman, som erkjendte, at syrerne ikke gik i forbindelse med

At dekomponere dette salt, der ikke forandres ved ophedning, ansaaes for meget vanskeligt, og det lykkedes først Stahl ved det pag. 21 omtalte forsøg. Stahl gav ogsaa Pariserkemikerne en nød at knække, idet han 1720 lod forespørge, om nogen af dem kunde faa den vitrioliserede vinsten dekomponeret i et øieblik og i den hule haand, men hverken Geoffroy eller hans kolleger saa sig istand dertil, uagtet sagen var yderlig simpel, og der ikke handledes om andet end tilsætning af sølvnitrat. Opgaven interesserede ogsaa Pott, der 1737 fandt en anden løsning, tilsætning af kalciumnitrat. Saadant var den tid store opgaver for kemikerne, siger Kopp.

selve metallerne, men med metalkalkene - og derved syntes en tid læren om saltene væsentligt forenklet, idet de fleste salte da kunde betragtes som forbindelser af to enkelte stoffer (pag. 34). I afhandlingen af 1754 beskjæftiger Rouelle sig indgaaende med det tilfælde, at samme syre og base forbinder sig i flere forhold; han opstillede foruden de egentlige (parfaits) neutralsalte to andre klasser, nemlig saadanne med overskydende syre, der er meget let opløselige og delikvescerende, samt neutralsalte med mindre syre, der er tungere opløselige - altsaa sure og basiske salte, som man senere sagde. Som basiske salte erkjendte han turpethum minerale, magisterium bismuthi samt algarotpulver, og tilsvarende sure salte indeholdtes i de opløsninger, hvoraf disse var udfældte med vand. Af sure salte fremstillede Rouelle for første gang ogsaa det sure kaliumsulfat. Alle disse saltes natur opfattede han ganske rigtigt; derimod var han endnu ikke paa det rene med forholdet mellem kviksølvsublimat og kalomel, idet han mente, at det førstnævnte, der er istand til at optage mere kviksølv, var et neutralsalt med overskydende syre (surt salt), medens det sidstnævnte var et virkeligt (parsait) neutralsalt; han gjør imidlertid opmærksom paa, at sublimatet danner en undtagelse fra den almindelige regel, da det ikke delikvescerer. Rouelles opfatning af forholdet mellem de to kviksølvklorider var ganske naturlig paa en tid, da man endnu ikke havde lært, at metallerne kan optræde i flere oxydationsgrader, som man senere pleiede at sige. Det var først Scheele, som begyndte at forstaa dette; han vidste saaledes, at jernet ved at opløses i svovlsyre ikke afgiver alt sit flogiston, men at dette først sker ved tilsætning af salpetersyre (1770); og om brunstenen har han (1774) angivet. at den maa flogisticeres (afgive surstof) for med syrerne at kunne danne salte.

Saltenes krystalform beskjæftigede man sig ikke synderligt med. Vistnok havde italieneren Domenico Guglielmini (1655—1710) allerede 1705 (de salibus dissertatio epistolaris) erkjendt, at saltene har en bestemt og uforanderlig grundform, men dette var kun bleven lidet paaagtet. Nogen sammenhæng mellem krystalform og kemisk sammensætning var man ikke kommen til at erkjende, og om man end af og til kan finde krystalformen omtalt, som f. ex. bittersaltets af Hoffmann, havde dog kemikerne idetheletaget ikke synderlig interesse for den. De naturhistorikere, der beskjæftigede sig med mineralerne, havde ogsaa meget forskjellige anskuelser om dens betydning. Medens Linné i sit systema naturæ, hvis første udgave udkom 1735, betragtede krystalformen som

¹ Undtagen svovlsyrlingen og de organiske syrers salte.

det vigtigste kjendemærke, saa han endog stillede saa forskjellige substantser som diamant og alun sammen paa grund af den oktaedriske form, gik Buffon, der ogsaa omhandler mineralerne i sin store histoire naturelle i 36 bind (1749—1788), til den modsatte yderlighed, idet han mente, at krystalformen saa langt fra at være konstant, var det mest variable af alle kjendemærker. — Det første forsøg paa en videnskabelig bearbeidelse af krystalformerne skyldes Bergman, der støttet til en iagttagelse af Gahn paaviste, at alle kalkspathens forskjellige former og kombinationer kan afledes af spalterhomboedret (variæ crystallorum formæ a Spatho ortæ, 1773). En mere almindelig behandling af de forskjellige mineralers krystalformer med beskrivelse og afbildninger fik man først ved Jean Baptiste Romé de l'Isle (1736—1790) i hans cristallographie, 3 bind med atlas, 1783. Romé de l'Isle har ogsaa meddelt vinkelmaalinger paa forskjellige mineraler, og udførte disse ved hjælp af anlæggoniometret, der blev konstrueret 1780 af hans medarbeider Carangeot.

Saavel i Bergmans som i Wenzels arbeider begynder nu analysen at spille en større rolle, end man før var vant til, og her turde da være stedet til lidt nærmere at gaa ind paa udviklingen af denne vigtige disciplin. Siden Boyles tid var analysen, og navnlig analysen paa vaad vei, igjen mere traadt i baggrunden. Man var vistnok efterhaanden bleven vant til at bruge visse reaktioner¹, og saavel Hoffmann som isærdeleshed Marggraf lagde, som allerede nævnt, mere vægt paa saadanne, end det hidtil havde været almindeligt. Man skylder den sidste bl. a. kjendskaben til jernets paavisning med blodludsalt, samt alkaliernes adskillelse ved de forskjellige farver, de meddeler flammen 2. Friedrich Delius (1725-1788), professor i Erlangen, udgav 1771 det første, ganske vist saare ufuldkomne forsøg paa en retslig kemi. Betydelige fremskridt gjorde analysen først ved Scheele og Bergman. Der var vel neppe nogen af tidens kemikere, der i den grad som Scheele kjendte de forskjellige stoffers reaktioner, og som saa godt forstod at anvende dem til at konstatere nye stoffers eiendommelighed, men han har ikke sammen-

¹ En af de reaktioner, man allerforst gjorde mere almindelig brug af, var blyets paavisning med opløst kalciumsulfid. Svovlvandstoffets virkning paa blysalte tildrog sig overhovedet megen opmærksomhed; man skrev paa papir med blyopløsninger, og skriften blev synlig ved dunsten af svovllever, selv om papiret ved mange rene ark eller ved træplader var beskyttet mod berørelse med denne. Blyopløsningen betegnedes som aqua magnetica longinquo agens.

² Kali- og natronflammen blev ogsaa, uafhængigt af Marggraf, iagttaget af Scheele.

stillet eller ordnet denne sin viden, og det blev Bergman, som kom til at give analysen det grundlag, som den siden har bygget paa. Han meddelte den første fuldstændigere oversigt over reagentserne samt deres virkning paa metallerne og forskjellige andre stoffer. Specielt bør det nævnes, at Bergman var den første, som ved bundfældning søgte at faa stofferne delt i forskjellige grupper og saaledes bragte den kvalitative analyse i system. Blandt de ved Bergman indførte arbeidsmethoder kan ogsaa nævnes silikaternes opslutning med alkalikarbonater, der dog allerede var anvendt af Scheele og saaledes vel oprindelig skriver sig fra denne.

Blæserøret havde vistnok allerede været kjendt af Kunckel, men dets almindeligere anvendelse til kemisk undersøgelse af mineraler kom først op i Sverige, hvor det benyttedes allerede før midten af aarhundredet, navnlig af Cronstedt. Dets brug blev først nærmere beskrevet af Gustaf v. Engeström (1738—1813); ogsaa Bergman gav i afhandlingen de tubo ferruminatorio en udførlig anvisning, og man skylder Gahn forskjellige forbedringer og reagentser, saaledes brugen af koboltsolution.

Den kvantitative analyse, som man hidtil kun lidet havde beskjæftiget sig med, tog ogsaa gjennem Bergman og Kirwan et væsentligt opsving. Isærdeleshed har Bergman indlagt sig betydelige fortjenester, idet han lærte, at man for at bestemme mængden af et stof ikke behøver at isolere det og fremstille det i fri tilstand, men kun at overføre det til en forbindelse af kjendt sammensætning, idet man af dennes vægt kan regne sig til stoffets. Hvis saaledes et metal, der veier a, under visse omstændigheder giver et bundfald, der veier b, og man ved anvendelse af den samme methode af metallets opløsning udfælder et bundfald, hvis vægt er nb, kan man sikkert slutte, at den tilsvarende vægt af metallet er na. I afhandlingen de præcipitatis metallicis har han i dette øiemed givet kvantitative bestemmelser af 45 bundfældte metalforbindelsers sammensætning. Han fandt saaledes, at

```
100 dele sølv giver 133 klorid (beregnet 132.84),

-> kviksølv — 104 oxyd ( — 108 ),

-> bly — 143 sulfat ( — 146.3 ),

-> — — 116 oxyd ( — 107.73),

-> kobber — 158 oxyd ( — 125.15).
```

Har man f. ex fundet a vægtsdele blysulfat, saa er den tilsvarende vægt metallisk bly $\frac{100}{43}$ a o. s. v. I afhandlingen de minerarum docimasia

¹ Nærmere om blæserørets historie, Landauer, Ber. 26. 898.

humida, der følger umiddelbart efter den nysnævnte i 2det bind af opuscula, angives med hensyn til bundfaldenes behandling følgende: Man lader bundfaldet sætte sig godt af i et glaskar, hvorpaa opløsningen dekanteres og erstattes af vand, der, naar bundfaldet igjen har sat sig, atter heldes fra, og dette fortsættes, indtil vandet ikke længere paavirkes af de reagentser, som for tilfældet kommer til anvendelse. Bundfaldene bringes derefter paa veiede filtra, der tørres ved svag varme og tilslut 5 minuter ved vandets kogepunkt; udvaskningen maa foregaa fuldstændigt i fældningskarret og ikke paa filtret. Udvaskningen med kun koldt vand og den kortvarige tørring ved 100° synes at være nærliggende forklaring til, at f. ex. bestemmelsen af kobberoxydet er faldt saameget for høit ud. Af Bergmans andre analyseresultater hidsættes følgende bestemmelser af nogle salte; de rigtige tal er tilføiede i parenthes:

| | Krystalliseret soda. | Kalium- sulfat. | Natrium- klorid. | Kalk- spat. | Kobber- sulfat. |
|------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| Base | 20 (21.8) | 52 (54.1) | 42 (53.3) | 55 (56.3) | 20 (31.8) |
| Syre | 16 (15.4) | 40 (45.9) | 52 (46.7) | 34 (43.7) | 40 (32.1) |
| Vand | 64 (62.8) | 8 | 6 | I I | 40 (36.1) |

Bergmans analyser var saaledes, og andet var vel ikke at vente af et første forsøg, endnu ikke paa langt nær rigtige. Wenzel gjorde bedre analyser og kom det rigtige nærmere, men Bergmans autoritet synes at have været saa stor, at Wenzels analyser længe ikke blev paaagtede.

Vi vender os nu til de fremskridt i erkjendelsen af de forskjellige særskilte stoffers eiendommelighed, som skyldes flogistontidens kemikere og skal først omhandle alkalierne. De blev fremstillede ved forbrænding af planter. Det er allerede nævnt, at mange betydelige kemikere, som Stahl og Boerhaave, var af den mening, at alkalierne ikke fandtes foruddannede i den levende plante, men først dannedes ved dens forbrænding. Denne mening havde isærdeleshed en talsmand i E. F. Geoffroy, der 1717 søgte at godtgjøre, at det fixe alkali dannes af salpeter ved forbrændingen, ved en »transmutation de l'acide du Salpêtre en sel alcali«.

Vi vil kaste et blik paa hans forsøg, hvis urigtighed vistnok ligger i dagen, men som ikke er uden interesse, idet de viser, hvorlidet bevandret man endnu var i experimentet, og hvorlidet nøie selv en saa anseet kemiker kunde tage det med at karakterisere erholdte produkter. Geoffroy smeltede salpeter, indtil det ikke længere afgav blærer, og fandt, at det da havde tabt halvdelen af sin vægt; ved at opløse den smeltede

masse i vand fik han udkrystalliseret den oprindelige mængde salpeter, og han sluttede da, at salpetret indeholder 50 pct. vand. Ved destillation fik han videre en sur vædske, hvis indhold af syre blev bundet til alkali, og derved bestemt til 25 pct. af salpetrets vægt. Naar nu saaledes salpeter indeholder 50 pct. vand og 25 pct. syre, kan det fra først af ikke have indeholdt mere end 25 pct. alkali; men ved at forpuffe med kul faar man af salpetret langt mere, nemlig omtrent 70 pct. fix alkali, dette maatte altsaa, sluttede Geoffroy, være dannet ved forbrændingen af salpetrets syre og jordart samt kullene. Om alkaliernes dannelse mente han overhovedet, at saavel det fixe som det flygtige dannes af ilden, men »non pas toujours à la verité du feu grossier de nos fourneaux, mais du feu principe ou de la matière subtile qui excite dans les corps mixtes la fermentation & la pourriture«. Vinsten f. ex. eller lignende »sels essentiels«, der findes i den levende plante, giver ikke noget alkali, før de har været udsatte for ilden. Alt alkalisk, der findes i naturen, antog han saaledes for sekundære produkter, det flygtige alkali af forraadnelse, og det ildsaste af forbrænding; og denne mening, som bl. a. ogsaa Neumann udtalte sig for, var nu en menneskealders tid den almindeligt antagne. -Vistnok var der dem, der havde forfægtet den modsatte anskuelse, saaledes Urban Hiärne, der betragtede det fixe alkali som en bestanddel af den levende plante, medens han medgav, at det flygtige, der dannes ved tor destillation, maatte ansees for at være dannet som følge af ophedningen, og Bourdelin, der mente, at alkaliet i planterne var bundet til en syre, der ved forbrændingen blev destrueret, saa alkaliet blev frit, -men det var dog først Marggraf, som 1764, ved et forsøg, han selv fandt très-remarquable, kunde give et fuldstændigt experimentelt bevis for tilstedeværelsen af alkali i naturlige plantesafter eller deraf uden forbrænding fremstillede salte (sels essentiels), som vinsten og syresalt. Han opløste nemlig vinstenen i kogende vand, behandlede opløsningen med kridt og erholdt derved en lud, som med salpetersyre gav krystaller af salpeter; ligeledes kunde han ved at opløse vinstenen i salpetersyre eller svovlsyre fremstille krystalliseret salpeter¹ eller kaliumsulfat, og da disse salte indeholder det fixe alkali, maatte dette altsaa oprindeligt have været tilstede i den uforbrændte vinsten. Til lignende resultater kom Rouelle (1771), og om end flere kemikere og navnlig Macquer endnu søgte at holde paa alkaliernes dannelse ved forbrænding, saa var dog i den sidste

¹ Han havde oprindeligt ikke tro til, siger han, at det virkeligt skulde kunne lade sig gjøre saaledes at uddrage vinstenens alkali med salpetersyre, men han gjentog flere gange forsøgene og fik altid samme resultat.

trediedel eller fjerdedel af det 18de aarh, meningen om alkaliernes præexistence i den levende plante blevet den almindeligt herskende.

Selve de to fixe alkalier, potaske og soda, havde vel været kjendt i meget lange tider, men man kunde ikke holde dem ud fra hinanden, og endnu i begyndelsen af det 18de aarh. blev de stadigt forvekslede, til trods for at man ikke havde kunnet undgaa at lægge mærke til, at de med en og samme syre dannede salte af forskjellig beskaffenhed, som f. ex. tartarus vitriolatus (kaliumsulfat) og sal mirabile (glaubersalt) eller almindeligt og kubisk salpeter¹. Det var først gjennem den nærmere undersøgelse af kogsaltet, at man lededes til at erkjende, at natron var et eiendommeligt alkali, forskjelligt fra det i potasken indeholdte. Den første, der har forstaaet dette, var Stahl, der (1702) behandlede kogsalt dels med svovlsyre og dels med salpetersyre; ved igjen at skille disse syrer ud af de dannede salte (fremgangsmaaden er ikke angivet) erholdt han et »alcalinum salinum corpus«, der lignede det af planterne erholdte i delikvescents, smeltelighed samt evne til at opløse svovl, men som adskilte sig fra det derved, at det med syrerne dannede salte af forskjellig krystalform og opløselighed. Stahl har dog ikke gaaet nærmere ind paa dette. Det var først Duhamel du Monceau, som 1736 i en fortræffelig afhandling sur la base du sel marin, der fortjener at nævnes som et mønster paa kvalitativt arbeide, bragte sagen paa det rene. Han erkjendte først, at kogsaltbasen ikke var nogen jordart; vistnok gav en opløsning af i handelen gaaende salt med alkalikarbonat en ringe mængde hvidt jordartet bundfald, men dette gav ikke kogsalt, om det behandledes med saltsyre, og kunde saaledes ikke være dettes base; derhos gav filtratet en rigelig krystallisation af kogsalt, der nu altsaa kun var bleven renset og ikke længere fældtes af alkalikarbonat. For at isolere kogsaltbasen forsøgte han bl. a. at ophede saltet med kul, idet han tænkte, at det muligens kunde gaa, ligesom naar klorsølvet ophedes med kul, hvorved basen (sølvet) skilles fra saltsyren. Der undveg vistnok endel saltsyregas, men han fandt, at denne skrev sig fra den ovennævnte jordart, og ikke fra selve kogsaltet, der viste sig at være ganske uforandret. Det lykkedes ham endelig at faa basen frem ved at overføre saltet til sulfat, ophede dette med kul og dekomponere sulfatet med edikesyre, inddampe opløsningen og endelig gløde residuet. Han fik saaledes frem kogsaltbasen, ganske ren og fri for noget andet stof, thi siger han, hvad skulde det vel ellers være? Ligeledes overførte han kogsaltet til nitrat og forpuffede dette med kul, hvorpaa han

¹ Natronsalpeter blev først fremstillet af kogsalt og salpetersyre; Boyle kjendte det, og Johann Bohn (1640–1708), medicinsk professor i Leipzig, skal først have omtalt det nærmere.

ved udludning af residuet fik ganske det samme alkali (natriumkarbonat) som ved den foregaaende methode. Duhamel kom til det resultat, at kogsaltbasen ikke hørte til jordarterne, idet den var opløselig i vand og ikke fældtes af alkalikarbonater; den var forskjellig fra vinstensaltet (kaliumkarbonat), idet den krystalliserede og ikke henslød, men derimod forvitrede. Han paaviste ogsaa, hvad iøvrigt allerede Cl. J. Geoffroy havde antaget, at den samme base indeholdes i borax. Ved en række forsøg, som han fortsatte gjennem mange aar, tilslut med bistand af Cadet, kunde han ogsaa konstatere, at asken af strandplanter, der paa det naturlige voksested har rigelig tilgang af kogsalt, indeholder betydelige mængder af dettes alkali, men at de samme planter, naar de dyrkes længere inde i landet, giver en aske, der indeholder mindre af kogsaltets alkali, men mere af det almindelige plantealkali. Saa overbevisende Duhamels undersøgelse var, mødte han dog modsigelse, især af Pott (1740), der erklærede kogsaltbasen for en jordart, og der var endnu mange, som antog en saadan for ialfald den væsentlige bestanddel1, indtil endelig Marggraf bragte ogsaa dette til asslutning (1750); han bekræstede suldstændigt Duhamels angivelser, og som yderligere forskjel mellem kogsaltbasen og det almindelige alkali angav han deres forskjellige slammefarve. Fra nu af benyttedes i den følgende menneskealder i almindelighed for at betegne natron den af Marggraf indførte benævnelse alcali minerale fixum, i modsætning til det af planterne fremstillede alcali vegetabile fixum.

Forholdet mellem de milde alkalier (karbonaterne) og de etsende blev først bestemt af Black 1755. Oprindeligt delte denne tidens almindelige anskuelse om en ildmaterie (pag. 6), som ved at optages af kalk gjorde denne etsende, og som fra kalken lod sig overføre til alkalierne, saa disse ogsaa blev etsende. Han tænkte, at etskalken tabte denne materie, naar den blev mild ved at henligge i luften, men forsøget viste ham, at kalken ikke havde tabt, men tvertimod tiltaget i vægt, saa at der altsaa ikke var noget gaaet bort fra den, men kommet noget til den. Han anstillede nu videre forsøg med magnesia alba (magnesiumkarbonat) og fandt, at den efter glødning veiede mindre end før og ikke længere bruste med syrer som før, men alligevel med syrerne dannede de samme salte som før glødningen. Der var saaledes ved glødningen gaaet bort en gas (kulsyregas), og da magnesia alba fremstilledes ved fældning med mildt alkali, saa maatte gasen være kommen fra dette. Herom forvissede han sig ved et forsøg, der hører til de mærkeligste af de faa kvantitative forsøg fra

¹ Saaledes angiver Anders Thue, apotheker i Fredrikstad, i en i Kjøbenhavn 1753 (efter hans død) trykt afhandling: sal culinare vulgare constat e gravi acido, volatili spiritu et terra alcalino-calcarea.

midten af det 18de aarh. En afveiet mængde magnesiumkarbonat blev glødet i en digel, derefter opløst i svovlsyre og fældt med alkalikarbonat; esterat være vasket og tørret viste bundsaldet nu igjen, »except a mere trifle« samme vægt, som det oprindelige karbonat havde havt. Idetheletaget kom han til det resultat, at alle alkalier og jordalkalier, der bruser med syrer, som væsentlig bestanddel indeholder en gas, der uddrives af syren, og som af de sidstnævnte ogsaa kan uddrives ved glødning. Naar etskalken gjør de milde alkalier etsende, saa er det, fordi den tager denne gassormede bestanddel fra dem, og ikke fordi den afgiver ildmaterie eller noget andet til dem. Kausticiteten er altsaa en egenskab, som de frie alkalier og jordalkalier taber, naar de optager kulsyregas; de bliver derved milde, og de milde alkalier kan saaledes ikke være enkelte stoffer. - Saa klar og grei Blacks fremstilling end var, blev den dog bestridt, isærdeleshed fordi den ikke forklarede varmeudviklingen ved kalkens læskning med vand; apothekeren Johann Friedrich Meyer i Osnabrück (1705 -1765) opstillede den theori, at karbonaterne er de virkelig rene alkalier og jordalkalier (enkelte stoffer), og at evnen at bruse for syrer er en væsentlig dem tilliggende egenskab; bruser de ikke længere, saa er det, fordi de allerede har optaget en syre. Naar kalken efter brænding ikke længere bruser, saa maa selve ildmaterien, som den har optaget, være af sur natur. Denne syre (acidum pingue) uddrives af kalken allerede af vand, og da den er næsten ren ildmaterie, maa der udvikles varme. Meyers theori fandt mange tilhængere, bl. a. Baumé, og om end saavel Wienerprofessoren Joseph v. Jacquin (1727-1817) som Scheele udtalte sig for Blacks mening, saa var dog endnu en stor del af flogistontidens kemikere lidet tilbøielige til at gaa ind paa den. - For at adskille de etsende alkalier fra deres karbonater benyttede Bergman benævnelserne alcali minerale (eller vegetabile) fixum purum og alcali minerale (v.) fixum aëratum, men disse tungvindte benævnelser ombyttede han senere for etskaliernes vedkommende med potassinum og natrum.

Benævnelsen terra, jord, jordarter, er meget gammel i kemien og har, som det vil erindres, været anvendt paa et eller, navnlig af Becher, paa flere hypothetiske grundstoffer. Becher mente, at det var en og samme terra primitiva, som indeholdtes i og var grundlaget for de forskjellige slags jordarter, som man efterhaanden havde lært at kjende. Kiseljorden blev ialmindelighed betragtet som saadan primitivjord. Meningerne om denne substants var overhovedet blandt flogistikerne meget uklare, og det var alene Scheele, som havde dannet sig en rigtig forestilling om dens natur. Han var som saa ofte ellers langt forud for sin tid. I et brev til Gahn skriver han 1766: »Månne man ej skulle kunna

anse Kiseljorden som en syra i mineralriket? Lera er en med Kiseljord saturerad alunjord«. Og, siger han videre, kan den forbinde sig med alunjord, saa maa den ogsaa kunne forbinde sig med kalkjord, — det er denne slags forbindelser, man har i zeolitherne, i turmalin og i granat — ligesom ogsaa med magnesia, hvad amiant og speksten synes at vise. Sluttelig tilføies, at kiselsyren »tycker äfven kunna förena sig med flogiston«, d. v. s. reduceres.

Jordarternes almindelige kjendetegn var ildsasthed og uopløselighed i vand; slere af dem var istand til ligesom alkalierne at sorbinde sig med syrerne til virkelige salte, og disse betegnedes da som absorberende eller alkaliske jordarter. En inddeling af jordarterne, som dog mere hvilede paa sysikalsk end egentlig kemisk grundlag, var 1746 forsøgt af Pott, der adskilte 4 klasser: kalkartede, gipsartede, lerartede og glasartede; kalk og gips, som her holdtes ud fra hverandre, havde man før gjerne slaaet sammen; gipsens indhold af svovlsyre blev 1747 erkjendt af Macquer, og Marggras bestemte den 1750 definitivt som kalciumsulsat.

Det var ogsaa Marggraf, der 1754 undersøgte den jordart, der indeholdes i og ved alkalier lader sig udfælde af alun, og han erkjendte, at den tillige er en bestanddel af ler. Han erklærede alunjorden for en eiendommelig jordart, der lader sig opløse i syrer og saaledes har noget tilfælles med de alkaliske eller kalkartede jordarter, men som desuagtet er ganske forskjellig fra kalk, da den med svovlsyre danner en let opløselig forbindelse. Der var dog endnu flere kemikere, som i lerjorden kun vilde se en afændring af kiselsyren. Baumé antog saaledes (1770), at kiselsyre ved paavirkning af alkalier undergik en forandring, hvorved den blev istand til med svovlsyre at danne alun, og han støttede denne antagelse til forsøg, idet han smeltede kiselsyre med alkali og ved at behandle det dannede vandglas med svovlsyre virkelig fik alun frem. Men Scheele viste 1776, at Baumés forsøg var urigtigt, idet lerjorden var optaget fra smeltediglen; han foretog smeltningen i en jerndigel, og der dannedes da selvfølgeligt ikke nogen alun. Hvad sammensætningen af dette salt angaar, saa var det den almindelige mening, som ogsaa Bergman og Scheele synes at have delt, at det deri indeholdte alkali ikke var væsentligt, men nærmest en forurensning. Marggraf forsøgte paa at fremstille alun ved at opløse lerjord i svovlsyre, men det vilde ikke lykkes (il manquoit encore quelque chose), og det var først ved tilsætning af alkali, at han fik virkelig alun udkrystalliseret; om han end saaledes erkjendte »la nécessité de l'addition d'un alcali dans ce travail«, synes han dog nærmest at have været af den

mening, at alkaliet kun virkede til at optage den overskydende syre og ikke indgik i alunens sammensætning 1.

Bitterjorden, der indeholdes i det allerede i slutningen af det 17de aarh. i England² og noget senere i Tyskland fundne bittersalt, som man 1710 ogsaa lærte at fremstille af søvandet, blev undersøgt af Hoffmann, der fremstillede det af moderluden efter salpeter; han erkjendte, at bitterjorden var en alkalisk jordart, som, om den end ikke var identisk med, dog i høi grad lignede kalkjorden. Dens forskjellighed fra kalk blev med bestemthed først paavist af Black 1755, i det allerede nævnte arbeide om kausticiteten, og det var ogsaa ham, som indførte det nu brugte navn magnesia; Marggraf paaviste, at den samme jordart, hvis eiendommelighed han ligeledes (1760) erkjendte, forekom i serpentin, talk og lignende mineraler. — Til disse jordarter kom endnu baryt, der blev opdaget af Scheele. Man havde allerede længe kjendt den s. k. bolognesersten (p. 13), og Marggraf fandt 1750, at den indeholder svovlsyre samt en jordart, som han imidlertid betragtede som kalk. Scheele kom til at beskjæftige sig med denne jordart i anledning af en undersøgelse af brunstenen (magnesia nigra), som han offentliggjorde 1774, - en undersøgelse, som er bleven berømt derved, at den førte til opdagelsen af ikke mindre end tre nye elementer⁸. I en saltsur eller salpetersur opløsning af brunstenen fandt han at svovlsyre gav bundfald, og han forstod snart, at den terra accidentalis in magnesia nigra, der indeholdtes i dette bundfald, maatte hidrøre fra de i brun-

¹ Alun har i sin tid spillet en vis rolle ved tilberedningen af en pyrofor, der i 1711 blev fremstillet af Homberg. Denne kemiker, der, som det vil erindres, ogsaa var alkemist, var bleven opfordret til at forsøge paa af menneskers fækalier at fremstille en olie, som man mente skulde kunne fixere kviksølv til fint sølv, og der blev sat et stort apparat i gang for disse forsøg (4 kraftige mænd holdtes i 3 maaneder indespærret i et hus med stor have, og maatte kun nyde hvedebrod og den bedste champagne). Blandt de substantser, hvormed raastoffet destilleredes, var ogsaa alun, og ved anvendelse af denne hændte det flere gange, at residuet i retorten af sig selv antændtes, naar det kom i berørelse med luften. Han meddelte en forskrift til fremstillingen af sin pyrofor, som han betegnede som et fosfor, og en forskrift blev ligeledes givet af Lemery, som imidlertid havde fundet, at fækalierne lod sig erstatte af blod, mel eller andre forbrændelige stoffer. Senere fandt man, at alun heller ikke var nødvendig, men kunde erstattes af glaubersalt eller andre sulfater; og endelig paaviste Scheele 1777, at de nødvendige ingredientser var svovl (svovlsyre), alkali og kul, og at pyroforen nærmest var en svovllever. Det viste sig saaledes, at ingen af de bestanddele, man fra først af ansaa nødvendige til pyroforens fremstilling, i virkeligheden var det, og navnlig ikke fækalierne, der, som det lader til, isærdeleshed havde vakt opmærksomhed: étrange origine pour une lumière si subtile & si céleste, staar der i histoire de l'académie, hvor omtalen af pyroforen slutter saaledes: Il paroît bien que rien n'est à negliger pour la Physique & qu'elle sçait trouver des trésors partout.

² Bittersaltet blev først fremstillet af Epsomkildens vand af lægen Nehemiah Grew (1628—1711). De salis cathartici amari in aquis Ebeshamensibus, 1695.

³ Nemlig tillige mangan og klor. Scheele brugte en brunsten, i hvilken krystaller af tungspat var indsprængt.

stenen indsprængte krystaller, hvor den var bundet til svovlsyre; han formodede, at jordarten ogsaa maatte kunne findes i andre mineraler, og Gahn fandt den i tungspat. Efterat nu Scheele nærmere havde undersøgt dette mineral, kunde han med fuld bestemthed karakterisere den nye jordart, tungspatjorden eller terra ponderosa, som Bergman kaldte den.

Man havde saaledes efterhaanden, foruden kiseljorden, lært at kjende og adskille følgende jordarter: kalk, baryt, magnesia og lerjord. De betragtedes som enkelte stoffer ligesom metalkalkene, og man var begyndt at tænke sig muligheden af, at de i virkeligheden kunde være saadanne 1.

As tunge metaller lærte man slere at kjende i slogistontiden, saaledes kobolt, nikkel, platina, mangan, wolfram og molybdæn, og næsten alle blev de opdagede i Sverige².

Man havde allerede længe kjendt det s. k. zaffer og det blaa koboltglas, men det var først Brandt, som erkjendte, at disse substantser indeholdt et eiendommeligt metal, hvis forskjellighed fra vismut han fremhævede allerede 1735. I 1742 fastslog han yderligere metallets egenskaber, dets tungsmeltelighed og magnetiske forhold. At det er kobolt, som indeholdes i det s. k. sympathetiske blæk, som før holdtes for en vismutopløsning, erkjendtes 1744 af den tyske læge Johann Albrecht Gessner (1694-1760). - Cronstedt undersøgte 1751 en svensk kobolterts og fandt, at den foruden jern og kobolt indeholdt et nyt halvmetal, hvis opløsninger med alkalier gav grønne bundfald, der ikke indeholdt kobber; 1754 kaldte han metallet for nikkel efter dets forekomst i kobbernikkel, og han fandt, at det i betydelig mængde indeholdtes i den ved blaafarvetilvirkningen faldende speis. Mange vilde dog endnu ikke anerkjende det nye metals eiendommelighed, men esterat Bergman 1775 havde sremstillet selve metallet og paavist, at det stod jernet meget nær, blev dets eiendommelighed ikke synderligt mere draget i tvivl.

Omtrent samtidigt blev platina opdaget; det kom fra Sydamerika og synes allerede i det 16de aarh. at have været kjendt af Scaliger, der omtaler et usmelteligt metal fra Darien (Nygranada); men nærmere blev det først kjendt gjennem et medlem af den 1735 udsendte franske gradmaalings-

¹ Saaledes var den franske kemiker Théodore Baron (1715-1768) tilbøielig til at holde lerjorden for en metalkalk, fordi den mindre lignede de øvrige jordarter, og fordi alunen forekom ham at staa vitriolerne meget nær. Bergman mente det samme om tungspatjorden, saavel paa grund af dens høie egenvægt, som fordi han fandt, at den fældtes af blodludsalt; den sidste angivelse var imidlertid urigtig, og det viste sig, at fældingen hidrørte fra, at det anvendte blodludsalt indeholdt svovlsyre. Ogsaa Scheele synes allerede tidligt at være kommen ind paa en saadan opfatning af alkalierne og jordarterne.

² Omtrent en fjerdedel af alle for tiden kjendte enkelte stoffer er opdagede i Sverige,

expedition, Don Antonio de Ulloa, en spansk søofficer, af hvis reiseberetning en del, der omhandler det sydamerikanske metal, i oversættelse blev forelagt royal society 1740 af dets medlem, lægen William Watson (1715-1784); det sølgende aar fremlagde Watson for selskabet et arbeide af sin kollega William Browrigg (1711-1800), der nærmere beskrev det som et nyt eiendommeligt, usmelteligt og i salpetersyre uopløseligt tungt metal (halvmetal); det tildrog sig megen opmærksomhed, og der udkom slag i slag en række arbeider 1 om det nye metal, hvis vigtigste egenskaber i løbet af kort tid blev forholdsvis vel kjendt. Opløseligheden i kongevand paavistes af Scheffer, og Marggraf fandt, at platinopløsninger gav gule bundfald med kali- og ammoniaksalte, men ikke med natronsalte. Blik og traad af platina skal først være fremstillet af Sickingen, der glødede platinasalmiak og sveissede platinsvampen sammen, og den første platindigel antages at være fremstillet 17842 af Franz Carl Achard (1753—1821), direktør for Berlinerakademiets fysikalske klasse. Imidlertid hørte digler eller andre platinsager til kemisk brug, endnu udover aarhundredets slutning, til de største sjeldenheder⁸, og udenfor Sydamerika var metallet endnu ikke fundet.

Noget senere (1774) blev mangan opdaget; allerede Pott havde paavist, at brunstenen ikke, som man før almindelig antog, var nogen jernforbindelse, men det var først Scheele, som i den nysnævnte afhandling erkjendte, at brunstenen indeholdt en eiendommelig bestanddel, og Gahn fremstillede kort efter selve metallet, der i begyndelsen kaldtes brunstenmetal, magnesium eller manganesium. Scheele viste, som allerede nævnt, at brunstenen maa flogisticeres for med syrerne at kunne danne salte, og han fremstillede flere af disse, saaledes mangansulfatet eller brunstenvitriolen, som man havde holdt for en slags alun eller bittersalt. Ved at smelte brunstenen med alkalier fik han ogsaa frem det mineralske kamæleon, uden dog endnu at komme til klarhed om aarsagen til farveforan-

¹ Saaledes af Scheffer 1752, af den 1781 afdøde engelske læge William Lewis i 1754, af Marggraf 1757, Macquer og Baumé 1758, Cronstedt 1764, grev Karl von Sickingen, kurpfalzisk minister i Paris, 1772, Buffon 1774, Bergman 1777, Tillet 1779 o. fl.

² Ved støbning af en lettere smeltelig legering af platin og arsen, hvilket sidste ved sterk ophedning forflygtigedes. Denne methode benyttedes ogsaa af guldsmedene Jeannetty og Chabonneau i Paris, der var de vigtigste platinfabrikanter i slutningen af aarhundredet. — Her kan ogsaa bemærkes, at platina allerede 1784 blev smeltet ved hjælp af surstofgas af Johan Erik Swartz (1762 -1784) i Stockholm (Nordenskiöld 1. c. 339).

³ Berzelius fortæller i sin selvbiografi, at da han 1807 begyndte sine arbeider over de kemiske proportioner, fik han ved godhed af en ven laane en platindigel, den eneste, som fandtes i hele landet.

dringen. — Ikke længe efter (1778) lykkedes det Scheele af molybdænglansen, som man gjerne forvekslede med grafit¹, at fremstille molybdænsyren, og 1781 fandt han ogsaa i tungsten (scheelit) en eiendommelig syre, bunden til kalk. Begge disse af Scheele opdagede substantser holdt Bergman for metalkalker, og Peter Jacob Hjelm (1746—1813), myntguardein i Stockholm, reducerede molybdænsyren 1781. Derefter paaviste to unge spanske kemikere, brødrene d'Elhujar², at tungstenens syre ogsaa forekommer bundet til jern og mangan i wolfram, et mineral, man hidtil nærmest havde holdt for en slags tinerts, og de reducerede wolframsyren til metal (1784).

Ogsaa mangfoldige andre substantser, som fra tidligere tid var kjendt, blev af flogistontidens kemikere rigtigere og bestemtere karakteriserede. Saaledes vismut, der vistnok allerede af Agricola synes at have været antaget for et eget metal, men som senere gjennem længere tid var bleven forvekslet med antimon eller zink, og som man endog havde ment lod sig fremstille af tin og arsenik ved smeltning med salpeter og vinsten; dets eiendommelighed blev igjen først erkjendt 1730 af Pott, og senere blev isærdeleshed gjennem Bergman dets reaktioner nærmere kjendt. - Det regulinske arsen blev først fremstillet ved sublimation 1725 af Johann Friedrich Henckel (1679-1774), læge i Freiberg, og Brandt erklærede det 1733 for et eiendommeligt halvmetal, hvis kalk var den hvide arsenik; at denne sidste substants kan forbinde sig med alkalierne, paavistes 1746 af Macquer, der kaldte alkaliarseniterne for arsenlevere (analogt med svovllevere); Macquer beskrev ogsaa nærmere arsensyrens forbindelser saavel med kali som med natron, men selve arsensyren blev først fremstillet i 1764 af Cavendish, som imidlertid ikke publicerede disse forsøg, og arsensyren blev saaledes først senere (1775) almindelig kjendt gjennem en undersøgelse af Scheele, ved hvilken han ogsaa opdagede arsenvandstofgasen. - M. h. t. fosfor antog man i almindelighed med Stahl, at det bestod af flogiston og saltsyre (paa grund af urinens indhold af salt), og det var først Marggraf, der ved sine i 1740 og 1743 offentliggjorte arbeider paaviste, at det bestaar af fosforsyre og flogiston, idet fosforsyre dannes ved forbrænding af fosfor⁸ og atter kan reduceres tilbage til fosfor. Han er-

^{. 1} Grafitens virkelige natur — et mineralsk kul — blev først erkjendt af Scheele, der ogsaa paaviste dens tilstedeværelse i rujernet, — Mineralet havde ellers længe været kjendt, og dets anvendelse til blyant nævnes allerede 1565 af Conrad Gessner.

² De studerede en tid i Upsala under Bergman og var ogsaa i Køping hos Scheele. Den ældste af dem, Don Fausto, f. 1755, blev direktor for bergværkerne i Mexiko, senere statsminister i Spanien, hvor han døde 1832; den yngre, Don Juan José, der har leveret et arbeide over amalgamationsprocessen, døde i Mexiko.

³ Marggraf bemærkede, at fosfor ved forbrændingen tiltog i vægt (1 unze tiltog 3¹/₂ drakmer), uden dog, som det synes, at lægge videre vægt derpaa.

kjendte ogsaa, at fosforet forekom i urinen som fosfat, og at det overhovedet forekom langt mere udbredt i planteriget, end man før havde vidst. At det forekommer som kalciumfosfat i ben, blev først paavist af Galin 1766, og Scheele fremstillede fosfor af ben 17701. Natriumfosfat af urin blev sørst fremstillet 1735 af Hellot; man kaldte det i almindelighed perlesalt, sal perlatum, og Pott holdt det for et slags glaubersalt; Bergman antog, at det indeholdt en eiendommelig syre, perlesyren (pag. 41); men Scheele erkjendte den 1785 for fosforsyre. - Borsyren (sedativsaltet) blev 1732 undersøgt af Cl. J. Geoffroy, der bl. a. opdagede, at den meddeler flammen en grøn farve, men saavel han som Pott, der 1741 arbeidede dermed, havde endnu kun uklare forestillinger om den. Det var først Baron, der 1747-48 erkjendte, at borax ligefrem er en forbindelse af borsyre og natron og lader sig fremstille ved at bringe begge disse bestanddele sammen. Heller ikke han kom til noget definitivt resultat med hensyn til, hvad borsyren egentlig er, men han bestemte dog rigtigt flere af dens egenskaber; han viste, at den kun lader sig forflygtige med vanddampe, men at den ikke i og for sig er flygtig, samt at den ved ophedning kan uddrive syrerne af salpeter eller kogsalt; paa grund af denne sidste egenskab tænkte man, at den maatte indeholde svovlsyre, og Bourdelin anstillede i 1753 forsøg i denne retning, men opnaaede ligesaalidt som sine forgjængere at opklare borsyrens virkelige natur. Borsyrens tilstedeværelse i lagunerne i Toskana blev bekjendt 1778 ved Hubert Franz Hoefer, en tysker, der var hofapotheker i Florentz; udvindingen i det store begyndte dog først senere (1818). - Flusspaten, hvis evne til at etse glas synes at have været kjendt siden 1670, blev 1768 undersøgt af Marggraf, der destillerede den med svovlsyre i en glasretorte og fandt, at der i vandet i forlaget udskiltes en hvid jord (kiselsyre); han mente derfor, at svovlsyren af flusspaten uddrev en flygtig jordart. Scheele gjentog forsøget 1771 og fandt, at flusspaten indeholder kalk i forbindelse med en eiendommelig syre; denne syre, som af svovlsyren var bleven sat i frihed, mente han frembragte kiselsyre ved at komme i berørelse med vand. Priestley, der 1775 gjentog forsøget og opsamlede den udviklede gas over kviksølv, lagde mærke til, at glasset i retorten blev stærkt angrebet; og endelig foranledigede hofapotheker i Stettin Johann Carl Fredrich Meyer (1733—1811) Scheele til 1781 atter at gjentage forsøgene uden anvendelse af glas, i blykar eller fortinnede kar,

¹ Fosfor var fremdeles meget kostbart og vanskeligt at erholde; da Gren 1786 onskede at gjentage Lavoisiers forsog om fosforets forbrænding i surstofgas, saa han sig ikke istand til at skaffe sig det.

og det viste sig da, at der ikke udskiltes kiselsyre i forlaget. Til samme resultat kom samtidigt den som forfatter af en kemisk haandbog og flere andre skrifter bekjendte apotheker Johann Christian Wiegleb i Langensalza (1732—1800), idet han sammenlignede vægten af den udskilte kiselsyre med det vægtstab, som glasretorten havde undergaaet ved destillationen.

De i flogistontiden indvundne erfaringer om de organiske stoffer fortjener ogsaa at omtales i korthed. Alkohol var vistnok endnu ikke kjendt i absolut eller vandfri tilstand¹, men der blev dog gjort forsøg paa alkoholometri. Réné Antoine Ferchault de Réaumur² (1683-1757) gav allerede 1735 tabeller for egenvægten af blandinger af alkohol og vand, og fysikeren Mathurin Jacques Brisson (1723-1800), der beskjæftigede sig med konstruktionen af aræometre, udgav lignende 1769. Isediken blev først fremstillet 1759 af den ogsaa som skjønliterær og historisk forfatter bekjendte grev Louis Léon Lauraguais (1733-1824), som ogsaa opdagede edikeætheren. Myresyrens forskjellighed fra edikesyren godtgjordes af Marggraf 1749, og endelig blev for et stort antal andre organiske syrer deres eiendommelighed først fastslaaet af Scheele. Saaledes vinsyren⁸ som allerede nævnt 1770, urinsyren 1776, slimsyren samt melkesyren 1780, oxalsyren og citronsyren 1784. Scheele havde allerede 1776 fremstillet oxalsyre af sukker, men den antoges forskjellig fra den i syresaltet indeholdte syre, indtil han 1784 paaviste begges identitet. Det var ogsaa Scheele, som først fremstillede æblesyren (1785) og det følgende aar den rene gallussyre, hvis forekomst i galæblerne allerede før var iagttaget. Korksyren fremstilledes 1787 af Luigi Brugnatelli (1761-1818), professor i Pavia. - I 1783 opdagede Scheele glycerinet, som han fremstillede af olivenolie og blyoxyd, og han konstaterede dets forekomst i forskjellige fedtarter; imidlertid var man endnu ikke kommen til nogen rigtig erkjendelse af forsæbningen eller fedtarternes natur i det hele taget. — Man skylder ogsaa Scheele opdagelsen af blaasyren, hvis forhistorie allerede skriver sig fra aarhundredets begyndelse. En farver i Berlin, som vilde tilberede florentinerlak af kochenille ved at udkoge den med alun og jernvitriol, samt derefter fælde med alkali, anmodede en den

¹ Den blev først fremstillet 1796; Bergman angiver 1775 egenvægten af den reneste alkohol til 0.82, hvilket svarer til omtrent 94 vægtsprocent.

² Réaumurs arbeider om thermometret er fra 1730-31.

³ Seignettesaltet, der har navn efter den franske apotheker Pierre Seignette (dod 1712), som længe havde holdt dets fremstilling hemmelig, var 1735 blevet undersøgt af Cl. J. Geoffroy, der fandt det sammensat af vinsten og spansk soda.

tid (1704) der boende alkemist Dippel¹ om noget kali. Denne gav ham en kalirest, der stod igjen efter rensning af Dippels olie, som havde været tilberedt af blod. Ved anvendelsen af dette fremkom da en blaa farve istedetfor den forventede røde. Dippel forstod, at den blaa farve maatte skrive sig fra det af ham leverede alkali, og han fremstillede nu selv den nye farve ved at kalcinere alkali med blod og fælde den deraf udvundne lud med jernvitriol. Tilberedningen af dette s. k. berlinerblaat, der kom i handelen omkring 1710, holdtes hemmelig, og uagtet mange beskjæftigede sig dermed, hengik der længere tid, førend kemikerne kom paa det rene med stoffets natur. Macquer fik 1752 frem blodludsaltet, men dette flogisticerede alkali, som man kaldte det, ansaaes længe for jernfrit². Ved at destillere blodludsalt med svovlsyre fremstillede Scheele 1782 blaasyren (berlinerblaasyren), og han fremstillede ligeledes cyanider af kviksølv og kalium.

Dyriske stoffer var endnu kun lidet gjenstand for undersøgelser; dog fortjener det at nævnes, at italieneren Vincenzio Menghini 1747 erkjendte jernets tilstedeværelse i blodlegemerne og fandt ferri portio ad sanguinem ut 1 ad 120, — samt at hans landsmand Domenico Cotugno (1736—1822), professor i anatomi i Neapel, paaviste æggehviden i urin ved nyresygdomme. Sukkerets tilstedeværelse i urinen ved diabetes erkjendtes 1776 af englænderen Dobson, og Joh. Peter Frank (1745-1821) fremstillede 1792 sukkeret i ren tilstand, overførte det ved gjæring til alkohol og ved oxydation til oxalsyre3. - Forraadnelse og gjæring blev 1762 af Wienerlægen Marcus Antonius Plencig sat i forbindelse med de af Leeuwenhoek opdagede mikroskopiske organismer; han mente, at forraadnelsen skyldtes spirer, der udviklede ormartede organismer, hvis flygtige stosvekselsprodukter fremkaldte den ubehagelige lugt, men han kom ikke nærmere ind paa studiet af selve organismerne og deres virkning. Interessen blev hovedsageligt optaget af deres oprindelse. De fleste mente, at de fremkom af sig selv, uden at levende spirer forud var tilstede, ved en omvandling af de forhaandenværende livløse stoffer, en generatio spontanea eller æquivoca, en forestilling, som vi allerede har seet van Helmont i sin tid havde været inde paa. Denne lære havde en ivrig talsmand i den engelske geistlige John Tuberville Needham, der 1745 offentlig-

¹ Johann Conrad Dippel, en tysker, som var født 1673, studerede først theologi, men lagde sig senere efter alkemi. Han flakkede meget om, kom bl. a. til Danmark, hvor han først var i Fredrik IV's tjeneste, men derefter en tid holdtes fængslet paa Bornholm. Derfra kom han til Sverige og endelig tilbage til Tyskland, hvor han døde 1724. Hans navn er knyttet til den ved destillation af ben o. dsl. erholdte olie.

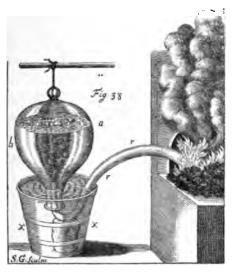
² Det var først Berthollet, der 1787 erkjendte jernet som nødvendig bestanddel.

³ E. O. v. Lippmann, Chemiker-Zeitung, 1905, 1197.

gjorde endel forsøg. Han kogte kjødsuppe i en flaske, der blev lufttæt lukket og derefter hensat en tid; ved flaskens aabning viste det sig, at den indeholdt en rigelig mængde »infusorier«. Disse mente han nu maatte være dannede ved en generatio spontanea, idet de oprindelig forhaanden-værende spirer var dræbte ved kogningen og nye ikke kunde være udenfra komne ind i den lukkede flaske. Paa den anden side viste 1765 Lazaro Spallanzani (1729—1799) i Pavia, at organismerne kun optraadte, naar et infus, der havde undergaaet kogning og derefter en tid havde været holdt i lukket kar, ved flaskens aabning kom i berørelse med luft, som ikke iforveien havde været tilstrækkelig stærkt ophedet; han sluttede deraf, at organismerne i Needhams forsøg kom fra spirer, der indeholdtes i luften, og at disse kunde tilintetgjøres ved iforveien at ophede luften tilstrækkeligt stærkt. Striden om dette holdt sig nu endnu en lang tid efter gaaende.

Af ganske overordentlig stor betydning er endelig de fremskridt, som flogistontiden gjorde i erkjendelsen af de gasformede stoffers natur. Disse fremskridt skriver sig for den største del fra engelske forskere.

Gasarternes undersøgelse var endnu vanskelig, saalænge man ikke havde fundet midler til at opsamle dem. Boyle havde, som det vil



erindres, foretaget opsamlingen i selve udviklingskarret, og den mangesidige lærde engelske arkitekt Christoph Wren (1632—1723) havde indført brugen af en over udviklingsflasken anbragt sammentrykket blære. Men det var først Hales, som 1727 grundlagde de experimentelle methoder, hvoraf de endnu brugelige har udviklet sig¹. Han benyttede til gasudvikling en retorte med lang hals, der udmundede i et med vand fyldt større kar; over retorthalsens munding var ophængt en med vand fyldt glasballon med aabningen ned.

Ved hjælp af dette apparat forsøgte Hales ogsaa at maale de gasmængder, som udvikledes af bestemte vægtmængder af de forskjellige

¹ Efter Hoefer har dog en, forøvrig lidet kjendt franskmand, Moitrel de l'Élément været den første, der opsamlede luft over vand. Han udgav 1719 et skrift derom, men uden at det lykkedes ham at faa samtiden til at interessere sig for det.

substantser. Han fremstillede forskjellige gasarter, deriblandt surstof ved ophedning af mønnie, men uden nærmere at undersøge det; ligeledes kvælstofoxyd (salpetergas), og han lagde mærke til, at den bliver brunrød, naar den blandes med luft. Han saa imidlertid ikke, at de gasarter, som han fremstillede, var eiendommelige, fra den atmosfæriske luft forskjellige stoffer, men holdt dem for mere eller mindre forurenset luft og drog den slutning, at luften er et element, der indeholdes i og kan fremstilles af de fleste stoffer, og at den i disse kan være tilstede i fast tilstand¹.

Den første gas, hvis forskjellighed fra luften med bestemthed blev erkjendt, og som blev nærmere undersøgt, var kulsyregasen, som allerede van Helmont havde adskilt som gas sylvestre. Black fandt ved den ovensor omtalte undersøgelse af alkalierne, at den gas, der ved syrer udvikles af de milde alkalier, er identisk med den, der dannes ved forbrænding af kul eller ved aandedrættet, samt at den bestemt adskiller sig fra den atmosfæriske luft ved sin evne til at grumse klart kalkvand. Han kaldte den fix lust², fordi den optages (fixeres) af de etsende alkalier, og da den til en vis grad (in some measure) neutraliserer disse, erkjendte han, at den forholdt sig som en syre. Kulsyregasens eiendommelighed blev ogsaa erkjendt af lægen David Macbride (1726-1788) i Dublin, der beskjæftigede sig med dens optræden ved forraadnelse og gjæring, samt af Cavendish, der 1766 fremstillede den af marmor og saltsyre, bestemte dens egenvægt og opløselighed samt de mængder af den, som indeholdtes i de forskjellige karbonater. Endelig udførte ogsaa Bergman en undersøgelse af kulsyregasen, som han kaldte acidum aëratum eller luftsyren efter dens forekomst i atmosfæren, som han paaviste og nærmere bestemte.

Black havde forbedret den experimentale teknik ved indførelse af en udviklingsflaske med særskilt gasledningsrør, og Priestley føiede hertil et underlag for opsamlingskarret, saa dette kunde staa istedetfor at hænge.

¹ Since then air is found so manifestly to abound in almost all natural bodies; since we find it so operative and active a* principle in every chymical operation; since its constituent parts are of so durable a nature, that the most violent action of fire or fermentation cannot induce such an alteration of its texture, as thereby to disqualify it from resuming, either by the means of fire, or fermentation its former elastick state; unless in the case of vitrification, when, with the vegetable Salt and Nitre, in which it is incorporated, it may perhaps some of it, with other chymical principles, be immutably fixt: Since then this is the case, may we not with good reason adopt this now fixt, now volatile *Proteus*, among the chymical principles, and that a very active one, as well as acid sulphur? notwithstanding it has hitherto been overlooked and rejected by Chymists, as no way intitled to that denomination.

^{*} Jovis omnia plena, Virgil.

² Ordet gas var efter van Helmonts tid gaaet af brug og blev først noget senere gjenoptaget.

Hans samtidige, Peter Woulfe (1727-1803), kemiker i London, opsandt 1784 den bekjendte gasvaskeflaske, som endnu bærer hans navn. Priestley, der overhovedet var en udmærket dygtig experimentator, var ogsaa den første, som anvendte kviksølv til opsamling af gaser, der var let opløselige i vand. Derved lykkedes det ham 1774 at fremstille ammoniakgas (alcalin air) og saltsyregas (marin acid air). Begge disse havde Hales søgt at opsamle, men forgjæves, idet vandet altid var steget tilbage. Saltsyregasen var iøvrigt allerede 1770 af Scheele bleven erkjendt som en i vand yderst let opløselig gas. Aaret efter fremstillede Priestley svovlsyrlinggas (vitriolic acid air) samt fluorkiselgas, og i 1772 kvælstofoxydul ved at lade zink virke paa kvælstofoxyd, som han udviklede af kobber og salpetersyre. - Omtrent samtidigt, 1774, isolerede Scheele klorgasen, som vistnok allerede tidligere var bleven bemærket af van Helmont, der ved at destillere salmiak med salpetersyre havde erholdt en flatus incoercibilis. Scheele iagttog dens gulgrønne farve, giftighed, blegende evne samt dens opløsende virkning paa metaller og zinnober. Da Scheele havde iagttaget, at brunstenen maatte flogisticeres for at kunne danne salte. mente han, at den optog flogiston fra saltsyren, og kaldte derfor klorgasen deflogisticeret saltsyre; han forstod, at kongevandets opløsende virkning paa guld beror paa, at salpetersyren deflogisticerer (oxyderer) saltsyren. — Ogsaa svovlvandstofgasen (svovlleverluft, stinkende svovlluft), hvis brændbarhed allerede tidligere var bemærket, bl. a. af Rouelle, blev 1777 nærmere undersøgt af Scheele, der lærte at fremstille den af svovljern.

Ogsaa lustens og vandets elementer blev opdagede og først fremstillede af flogistontidens kemikere.

Surstoffet opdagedes omtrent samtidigt, omtrent 1771 af Scheele og Priestley. — Scheele offentliggjorde sine undersøgelser 1777 i Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer, men de vigtigste af de deri nedlagte resultater havde han allerede fundet i 1771 og 1772. Hans forsøg var følgende: Afmaalte mængder af atmosfærisk luft blev bragt sammen med svovllever, tilberedt af kali eller kalk, eller med jernoxydul og andre substantser, der virkede paa lignende maade. Det viste sig, at luftens volum formindskedes, og naar absorptionsmidlet fik tilstrækkelig tid — flere uger — til at virke, var i almindelighed 20 rumdele luft mindsket med omtrent 6 dele. Den tilbageværende del af luften underholdt ikke længere forbrændingen. Han fandt derhos, at der af de anvendte sulfider dannedes sulfater, som ved anvendelse af kalciumsulfid var let at paavise, da der udfældtes gips. Han antog derfor, at luften havde forbundet sig med svovlets flogiston og frigjort dets anden bestanddel, svovlsyren. I begyndelsen mente han, at luftens volumformindskelse beroede paa, at det

optagne flogiston havde gjort den tættere; men da han fandt, at dette ikke var tilsældet, idet den tilbageblivende del af lusten tvertimod var lettere, saa drog han den slutning, at luften maatte bestaa af to forskjellige gasarter (elastische Flüssigkeiten von zweyerley Art), af hvilke den ene, som han kaldte fordærvet luft, ikke forbandt sig med flogiston, medens den anden havde stor tilbøielighed til at optage det, samt at denne sidste bestanddel udgjorde mellem 1/8 og 1/4 af luftens volum. Da han ved de forsøg, han videre anstillede ved i bestemte lustmængder at forbrænde fosfor, kul eller svovl, ikke var istand til at gjenfinde den af luftens bestanddele, der var bleven absorberet af flogistonet, kom han til den antagelse, at den var gaaet over til varme, der var undveget gjennem glaskarrets vægge. Denne hypothese, at en luftbestanddel forbandt sig med flogiston til varme, forfulgte Scheele nu videre, og saa urigtig den var, førte den ham dog til at isolere vedkommende lustbestanddel. Han forsøgte nemlig at dekomponere varmen ved hjælp af stoffer, som kunde optage dens flogiston, saa den anden bestanddel kunde blive sat i frihed; først tog han salpetersyre, idet han mente, at denne ved at optage flogiston gik over til rygende syre. Han destillerede salpeter med stærk svovlsyre (ein recht schwartzes Vitriol Oel), og under den ved stærk ophedning stedfindende skummen gik nu med de røde dampe en gasart over, der underholdt forbrændingen langt lettere end den almindelige luft; varmen havde saaledes afgivet sit flogiston til salpetersyren, og dens anden bestanddel, ildlusten, som han kaldte den, var dermed isoleret. Han forvissede sig ogsaa om, at der ved blanding af en del ildluft og tre dele fordærvet luft fremkom en luft, som i alle dele lignede den »ordinaire«. Han fortsatte nu forsøgene med brunsten, som han vidste havde stor tilbøielighed til at optage flogiston (d. v. s. afgive surstof), og fik ved at ophede den med svovlsyre eller fosforsyre ganske den samme ildluft; ligesaa ved at ophede magnesium- eller kviksølvnitrat eller almindeligt salpeter, hvilken sidste methode han fandt bedst og billigst; varmens ildlust blev fri, men dens flogiston oversørte nitratet til nitrit; fremdeles ved at ophede sølvoxyd, guldoxyd eller kviksølvoxyd, idet varmens flogiston forbandt sig med metalkalkene til metal, medens dens ildluft undveg. Da han nu allerede havde fundet, at den fordærvede luft var lettere end den atmosfæriske, sluttede han, at ildluften maatte være tungere, og han fandt virkeligt, at et volum ildluft svarende til 20 unzer vand veiede næsten 2 gran mere end samme volum almindelig luft.

Vistnok havde han i sine første forsøg fundet, at ildluften var bleven absorberet af alkalisulfiderne ved almindelig temperatur, uden at nogen varmeudvikling iagttoges; han antog imidlertid ganske rigtigt, at der ogsaa derved var dannet varme, men da processen foregik i et saa langt tidsrum

som flere uger, var den varmemængde, som i hvert øieblik dannedes, saa ringe, at man ikke kunde mærke den; ved at lade den samme proces foregaa hurtigere kunde han iagttage stigning af thermometret allerede efter nogle minuters forløb. Endelig udførte Scheele en række forsøg, der bragte paa det rene, at det er ildluften, som er virksom ved aandedrættet, og at der i den udaandede luft indeholdes kulsyregas. — For at bestemme mængden af de i luften indeholdte to gasarter anvendte han senere en fugtig blanding af jernfilspaan og svovl, og ved en længere række forsøg kom han til det resultat, at 100 rumdele luft indeholdt omtrent 27 ildluft.

Uashængigt af Scheele havde som nævnt imidlertid Priestley arbeidet. Han udgav i 1772 sine Observations on different kinds of air, som aaret efter blev oversat paa fransk og italiensk og to aar efter udkom i ny udgave, der atter blev oversat paa fransk og senere ogsaa paa tysk. Han havde en tid boet i nærheden af et bryggeri, og derved var hans opmærksomhed bleven henledet paa de ved gjæringen optrædende gaser. Han fandt, at grønne planter kan leve i kulsyregas, og at de under lysets indflydelse forandrer den saaledes, at den bliver skikket til at underholde forbrændingen og aandedrættet1; men han havde endnu ikke nogen formodning om, at den gas, som planterne havde frembragt, allerede indeholdtes i den atmosfæriske luft. Han undersøgte endvidere denne sidste ved hjælp af salpetergas (kvælstofoxyd) og fandt, at jo renere, mindre forurenset ved aandedræt luften var, desto mere formindskedes dens volum, naar den bragtes sammen med salpetergasen. Fremdeles afspærrede han luft over vand og lod ved hjælp af et brændspeil kul brænde deri; han iagttog da, at omtrent 1/5 af luften gik over til kulsyregas, og at resten — efterat kulsyregasen var fjernet ved kalkvand - ikke længer var istand til at underholde forbrænding eller aandedræt. Priestley fandt ogsaa, at luftens volum mindskede, naar tin eller bly forkalkes i lukkede kar; og endelig erholdt han ved ophedning af salpeter en gas, der underholdt forbrændingen med livlighed og lethed. - Priestley fremlagde saaledes en bety-

Om end Priestley saaledes har æren af først at have iagttaget planternes absorption af kulsyregas og deres evne til at »fornye« den ved forbrændingen »ødelagte« luft, var det dog først noget senere, at de nærmere forhold ved disse processer, sollysets indflydelse og i det hele, at det her dreiede sig om kulsyregasens assimilation i planterne, blev bragt fuldstændigere paa det rene. Det er først og fremst Londonerlægen Jan Ingen-Houss (1730-1799), en hollænder af fødsel (Experiments on vegetables, 1779), samt Genferen Jean Senebier (742-1809), prest og senere bibliothekar i sin fødeby (Recherches sur l'influence de la lumière solaire pour métamorphoser l'air fixe en air pure par la végétation, 1783), der har fortjenesten i denne sag.

Om Ingen-Houss kan endnu nævnes, at det bekjendte forelæsningsforsøg at brænde en ursjær i surstofgas, hidrører fra ham.

delig del nye og mærkelige iagttagelser; men med alt dette var han dog ikke kommen til at erkjende luftens to bestanddele eller forstaa sammenhængen med luftens »ødelæggelse« ved forbrænding og aandedræt eller dens »fornyelse« ved planterne. Han antog stadig, at det var luften som helhed, der blev »ødelagt« eller »fornyet«. Imidlertid har han havt en følelse af sine opdagelsers betydning: this series of facts seems very extraordinary and important, and, in able hands, may lead to considerable discoveries.

Et par aar senere kom Priestley tilbage til den gas, han tidligere havde fremstillet ved ophedning af salpeter, og den iste august 1774 fremstillede han surstoffet ved ophedning af rødt kviksølvoxyd. Da gasen underholdt forbrændingen saa let og derved forekom ham at virke paa lignende maade som salpeter, tænkte han sig muligheden af, at kviksølvet ved at ophedes i aabne kar kunde have optaget noget salpeterartet, og det var ham derfor om at gjøre at faa gjentage forsøget med rent kviksølvoxyd. Senere paa aaret, i oktober, reiste han til Paris, hvor han fik en unze rent kviksølvoxyd, der var fremstillet af Cadet; han fik paany den samme gas frem og forvissede sig om, at den var forskjellig fra det af ham noget før opdagede kvælstofoxydul, der ogsaa underholdt forbrændingen. Noget senere fandt han, at den deflogisticerte lust, som han nu kaldte gasen, er noget tungere end den atmosfæriske. At den var en bestanddel af den atmosfæriske luft, saa han ikke; jeg fik, siger han, en luft, som - - havde alle den sædvanlige lufts egenskaber, kun i meget større fuldkommenhed.

Lustens anden hovedbestanddel, kvælstoffet, som Scheele kaldte fordærvet lust og Priestley slogisticeret lust, og som allerede Mayow havde havt under sine hænder, erkjendtes 1772 som en eiendommelig gasart af lægen Daniel Rutherford i Edinburg (1749—1819), der offentliggjorde sine iagttagelser noget før de andre samtidige, der ogsaa havde isoleret denne lustbestanddel. Rutherford viste, at den atmossæriske lust ikke blot ved aandedrætsprocessen tilføres utjenlige gaser, men at der i selve dens sammensætning indgaar en gas, som i og for sig er uskikket til at underholde sorbrænding eller aandedræt. Af lust, hvori dyr havde aandet, sjernede han kulsyregasen ved kalilud og paaviste, at den tilbageblivende gas slukkede slammen og kvalte dyr.

Priestley havde — som vi nu vilde sige — udført den første analyse af luften ved at lade surstoffet absorberes af salpetergas. Lignende bestemmelser blev i 1774 udført af den italienske professor Felice Fontana (1730—1805) samt 1775 af hans landsmand grev Marsiglio Landriani. Analyserne var dog meget ufuldkomne og gav store differentser, idet man fandt 18—25 vol. pct. surstof. Landriani troede at maatte slutte, at

lusten havde sorskjellig sammensætning paa de sorskjellige steder as jorden og paa de sorskjellige aarstider, og at den indeholdt mest surstos i smukt og sundt veir; og man antog i almindelighed, at lustens surstosmængde havde indslydelse paa sundheden. — Sagen blev sørst 1783 bragt paa det rene as Cavendish, der ester en nøiagtig undersøgelse as salpetergaseudiometret og dets seilkilder kunde konstatere, at den atmossæriske lust paa alle steder og til alle tider har en i det væsentlige konstant sammensætning, og han bestemte surstosmængden til 20,84 vol. pct.²

Vandstoffet blev opdaget 1766 af Cavendish, der ved syrernes indvirkning paa jern eller zink fremstillede en »inflammable air«, hvis egenvægt han bestemte til 1/11 af luftens3; han fandt ogsaa, at samme vægtsmængder af de forskjellige metaller gav forskjellige mængder vandstofgas. Scheele paaviste 1777, at den samme gas ogsaa fremkommer ved alkaliernes indvirkning paa zink. - Priestley havde allerede 1775 anstillet forsøg med knaldgas. En af hans landsmænd ved navn Warltire meddelte ham senere, at han ved nogle forsøg af lignende art havde fundet, at der ved explosion af brændbar og almindelig luft fremkom fugtighed. Denne meddelelse blev 1781 offentliggjort af Priestley. Paa grundlag heraf begyndte Cavendish nærmere at beskjæftige sig med dette spørgsmaal. Han fandt snart, at det ikke forholdt sig saaledes, som Warltire mente at have iagttaget, at vægten af det kar, hvori brændbar og almindelig lust havde exploderet, undergik forandring, men paaviste, at der ved explosion af 1000 vol. almindelig og 423 vol. »brændbar luft« fremkom vand, idet den sidstnævnte ganske forsvandt, men kun 1/5 af den første 4. Han fandt endvidere, at den hele gasmængde forsvandt, naar 370 vol. brændbar gas exploderede med 195 vol. rent surstof. Cavendish lagde endelig mærke til, at det dannede vand indeholdt noget salpetersyre. forsøg paa at bestemme, hvorfra denne skrev sig, forhalede arbeidets offentliggjørelse, saa det først blev publiceret 1784; men allerede længe før havde han meddelt Priestley sine resultater, ligesom han ogsaa vaaren 1783 havde gjort endel af sine kolleger i royal society bekjendt med dem. — Ogsaa James Watt (1736–1819), dampmaskinens berømte opfinder, der

¹ Udtrykket eudiometer skriver sig fra Landriani.

² Cavendish fandt 1785, at der, efterat baade surstoffet og kvælstoffet var borttaget fra luften, endnu blev en rest af omtrent 0,6 vol. pct. tilbage (argon, 1894).

³ Cavendish var overhovedet den første, som erkjendte egenvægten som noget, der karakteriserede de forskjellige gasarter. Han fandt for vandstof 0,09 og for kulsyregas 1.57. Han var ogsåa den første, der benyttede torrerør for at befri gasen for fugtighed, ligesom det ogsåa var ham, der ved maalinger af gasvolum først begyndte at tage hensyn til temperatur og tryk,

^{1 1000} vol. luft har 209 vol. surstof; forholdet mellem begge gasernes volum var saaledes bestemt meget nær det rigtige, nemlig 209:423 eller 1:2,02.

boede ved Birmingham i nærheden af Priestley, og som gjennem denne synes at være kommen ind paa dette spørgsmaal, kom til det resultat, at vandet bestod af deflogisticeret luft (surstof) og flogiston; han udtalte dette i et brev af 26de april 1783, som Priestley overgav præsidenten i royal society.

Cavendish og isærdeleshed Kirwan mente, at vandstof var identisk med flogiston. Svovlsyren spalter metallerne i deres to bestanddele; er den fortyndet, optager den metalkalken, medens metallets anden bestanddel, flogistonet bliver fri; er den koncentreret, vil flogistonet ikke blive frit, men forbinde sig med en del af syren til flogisticeret svovlsyre (svovlsyrlinggas). Denne opfatning blev nu en tid den almindeligt antagne, især af de engelske kemikere, der ogsaa lagde mærke til, at den nye gas kunde forbinde sig med metalkalkene til metal.

Om der end med de fremskridt, kemien gjorde i det 18de aarh., blandt de mere fremtrædende videnskabeligt virkende kemikere neppe var nogen, som kan siges at have været egentlig alkemist¹, saa var det dog dermed ikke udelukket, at flere af dem endnu betragtede alkemi og metalforvandling som noget, der ikke ligefrem lod sig bestride, og som i ethvert fald fortjente, at man anstillede forsøg dermed. Dette var navnlig tilfældet med Boerhaave, der, som det vil erindres, ikke delte flogistikernes syn paa metallerne; han anstillede flere forsøg, bl. a. ved at holde kviksølv uafbrudt ophedet i 15 maaneder, for at prøve rigtigheden af visse alkemistiske forestillinger om, at kviksølv lod sig fixere (forvandle til fast metal) uden nogen tilsætning; men han fandt altid, at de alkemistiske angivelser var urigtige. Den ældre Geoffroy troede vistnok paa muligheden af visse transmutationer, af salpeter til alkali eller paa at jern kunstigt lod sig fremstille af ler og olie, idet han begik en lignende feiltagelse, som allerede Becher havde været ude for; men han var dog en erklæret modstander af alkemien og har endogsaa skrevet en afhandling des supercheries concernant la pierre philosophale (1722); ligeledes har Wiegleb, endnu saa sent som 1777, skrevet en historisch-kritische Untersuchung der Alchemie for at godtgjøre dens uholdbarhed.

Der var vel endnu nogle enkelte, som synes at have holdt paa metalforvandlingen, og blandt saadanne kan nævnes J. Fr. Meyer, Friedrich Joseph Wilhelm Schröder (1733—1788), professor i Marburg, samt Wenzel, der i Enleitung in die höhere Chemie (1773) udtalte, at metallerne kunde dekomponeres i visse bestanddele og igjen sammensættes af dem. Ved udtrykket höhere Chemie vilde Wenzel tage afstand fra det uvidenskabelige guldmageri.

Men om end alkemien ikke længere havde kurs blandt videnskabsmændene, var der dog en tid udover mange andre, som troede paa den 1, og det store publikum var stadig optaget af den. Almenhedens trang til aandelig næring kunde ikke finde tilstrækkelig tilfredsstillelse i tidens negative og tørre theologi, og i literaturen var der endnu ikke stort at finde. Man havde da let for at komme ind paa den s. k. høiere viden, forsøg paa at faa en dybere indsigt i naturens hemmeligheder, end den profane naturvidenskab kunde give - særlig, naar den som her forespeilede muligheden af at erhverve velstand og sundhed og lovede menneskene et vist herredømme over aandeverdenen og at komme i nærmere samfund med gud. Selv høit dannede og fremragende mænd interesserede sig for saadant, og endog Goethe drev en tid hermetiske studier. Man begyndte igjen at høre tale om Rosenkreuzere, og disse kom i berørelse med frimureriet, der omkring 1720 var bleven reorganiseret i England, og som i de nærmest følgende decennier havde udbredt sig paa fastlandet; i de høiere grader af denne orden mente man at skulle blive indviet i de hemmelige videnskaber og hermetiske kunster, johanniterriddere og tempelherrer i gamle dage havde bragt med fra Osterlandene. Der dannedes ogsaa en ny, af frimurere bestaaende orden, Guld- og Rosenkreuzerordenen, som opstod i Svdtyskland omkring 1760 og hurtigt udbredte sig videre. Den interesse for de hemmelige videnskaber, som disse selskaber opelskede, fik rigelig næring ved den mængde mystisk-hermetiske skrifter, som især fra Tyskland udbredtes overalt. Særlig Rosenkreuzerne, hvis hovedsæde Berlin nu blev, kunde en tid regne de mest indflydelsesrige og høitstillede mænd blandt sine medlemmer. Det stod imidlertid i længden ikke til at undgaa, at de, der ved optagelsen i de høiere grader ikke havde fundet, hvad de søgte og ventede, følte sig skuffede og blev misfornøiede; og med den tiltagende misstemning døde interessen hen, saa at ordenen mod aarhundredets slutning var at betragte som opgivet. Man var ogsaa esterhaanden begyndt at fatte mistanke til den svindel, hvormed de bekjendte eventyrere, grev Saint-Germain og Cagliostro som frimurere, mystikere,

Da den norske prest Hans Egede 1718 opholdt sig i Bergen for at faa folk til at interessere sig for hans mission til Gronland, men ikke kunde opdrive de fornødne penge, faldt det ham ind hvad der tales og skrives om den saa kaldede Philosophiske Steen«, og han begyndte da paa alkemistisk arbeide; men med alt det Sudlerie, som jeg næsten udi tvende Aar plagede mig med, profiterede jeg intet uden Møie og skidne Fingre, og dertil nogle Pengers Forliis, saa jeg omsider blev gandske kied deraf«. Imidlertid gjenoptog han arbeidet senere under opholdet paa Grønland, hvor han havde et helt alkemistisk bibliothek mere end 60 Chymiske Authores«. Engang troede han at være meget nær ved maalet, men begik en uforsigtighed, og derefter kunde han aldrig mere faa igjen det, som han dengang havde faaet; og det var ikke GUDS Villie, at jeg skulde komme til slig Videnskab«. II. Egedes Relation, 1738, 214-217.

aandebesværgere og alkemister i en stor del af aarhundredets anden halvdel i en fast utrolig grad havde udnyttet tidens lettroenhed. Endelig indtraf forskjellige ting, som maatte give troen grundstødet En dr. Price i Oxford udgav 1782 en beretning om, at han i mange navngivne og utvivlsomt kyndige og hæderlige vidners overvær og under størst mulig kontrol havde forvandlet kviksølv til sølv og guld. Sagen vakte umaadelig opsigt, kong Georg III gav sit naadigste bifald tilkjende, beretningen blev oversat paa tysk og diskuteredes overalt; men da Price blev opfordret til at gjentage forsøgene for royal societys kemikere og ikke længere kunde undslaa sig, begik han selvmord. Kort efter blev ogsaa en anden historie bekjendt, der var ligesaa latterlig, som den forrige var bedrøvelig. Den som theolog anseede professor Semler i Halle var en ivrig beundrer af et hemmeligt præparat, der i dyre domme solgtes som luftsalt, fordi det angaves at være udvundet af atmosfæren, og han troede, at der voksede guldblade frem af saltet, naar det holdtes varmt og fugtigt; han udgav ogsaa flere skrifter derom. Da han oversendte en prøve af saltet til en anseet kemiker, for at denne skulde forvisse sig om, at der fremkom guld af det, viste det sig imidlertid, at saltet allerede i forveien var opblandet med bladguld. Semler indsendte derefter (1789) en prøve guldblade, der var fremkomne af salt, som han selv havde forvisset sig om var frit for tilblanding, men disse blade viste sig nu at være uægte. Det kom da op, at tjeneren havde blandet guld i saltet for at gjøre professoren en fornøielse. Da han engang var bleven syg, havde hans hustru passet drivhuset, og hun havde ment, at det billigere uægte bladguld kunde gjøre samme nytte.

Denne sidste esterdønning af den gamle alkemi døde saaledes hen, uden at der kom nogetsomhelst ud af den. — Der havde imidlertid i begyndelsen af aarhundredet været en alkemist, som opnaaede et virkeligt resultat, men rigtignok et, som laa langt udenfor alkemiens egentlige maal. En ung apothekerdiscipel i Berlin, Johann Friedrich Böttger (Böttiger), var kommen sammen med en omstreifende alkemist, og man antog at han var i besiddelse af de vises sten og kjendte dens hemmelighed. Da dette kom kong Friedrich I for øre, befalede han, at sagen skulde undersøges, men Böttger flygtede til Wittenberg, som da hørte under Sachsen. Han blev vistnok reklameret som preussisk undersaat, men den sachsiske regjering lod ham i al stilhed bringe til Dresden, hvor kong August II behandlede ham meget naadigt og stillede de fornødne midler til hans forføining. Han blev dog holdt under streng bevogtning, og da han havde gjort et forsøg paa flugt, bragtes han (1706) til fæstningen Königsstein. Med guldmageriet kom han ingen vei; derimod begyndte han at arbeide med andre forsøg, der ledede til opdagelsen af tilvirkningen af porcellæn.

Blandt dem, med hvilke Böttger kom i berørelse, var grev Ehrenfried von Tschirnhausen (1651–1708), en bekjendt mathematiker, der havde konstrueret store brændspeil og interesserede sig meget for glastilvirkning og keramik. Tschirnhausen antages at have en væsentlig andel i porcellænets opdagelse, for hvilken man i almindelighed har givet Böttger alene æren. Kongen interesserede sig for den nye opdagelse og tilgav Böttger, da han ligefrem tilstod, at han ikke kjendte noget til de vises sten; han blev direktør for porcellænsfabriken i Meissen, hvor han døde 1719, kun 34 aar gammel.

Porcellænet, der fra gammel tid havde været kjendt i Kina, men først omkring 1500 kom til Europa, var endnu meget sjeldent og overordentligt kostbart. Det er ganske naturligt, at Böttgers opdagelse blev anseet for høist værdifuld. Meissnerporcellænet begyndte at komme i handelen 1709, men fabrikationen hemmeligholdtes strengt. Man fik dog ved bestikkelse lokket arbeidere bort fra Meissen, og ved hjælp af dem grundlagdes 1720 en fabrik i Wien, ved derfra rømte arbeidere en lignende i Höchst am Main 1740, og ved arbeidere derfra videre i Fürstenberg 1750 og Frankenthal 1755 o. s. v. Ogsaa i Berlin (1750), St. Petersburg (1756), Kjøbenhavn (1775) og flere andre steder oprettedes porcellænfabriker, og kemikerne hjalp til, i Berlin navnlig Pott, som i denne anledning udførte de i lithogeognosia beskrevne forsøg. I Frankrige søgte man selvstændigt, paa forskningens vei, at komme paa det rene med porcellænets tilvirkning. Réaumur analyserede kinesisk porcellæn og fandt, at det var sammensat af en usmeltet lermasse og en smeltet glasmasse. Det porcellæn, som fra 1695 fremstilledes i St. Cloud, var s. k. blødt porcellæn, og virkeligt porcellæn med haard glasur tilvirkedes først 1769 i den berømte sabrik i Sèvres, som allerede tidligere var oprettet, men 1760 overtaget af kongen. Dens ledelse blev 1774 anbetroet Macquer, som havde deltaget i de forberedende undersøgelser og forsøg, og foruden ham var der ogsaa andre kemikere, som interesserede sig for porcellænstilvirkningen, deriblandt især Hellot, som særlig indlagde sig fortjeneste af porcellænfarverne.

Tidens kemikere var i det hele taget, ligesom Boyle og Kunckel før dem, meget ivrige i at nyttiggjøre sin videnskab i det praktiske livs tjeneste, og den tekniske kemi, eller som man gjerne sagde, den anvendte eller økonomiske kemi begyndte nu at træde frem som en selvstændig videnskabsgren.

Man gjorde fremskridt i metallurgiske arbeidsmethoder og analyser. For jernets vedkommende isærdeleshed i Sverige ved Rinman, Gahn og Bergman. Réaumur udgav 1722 et arbeide om tilvirkningen af cementstaal, men staalets forhold til jernet blev dog først langt senere rigtigt erkjendt. Urfabrikanten Benjamin Huntsman ved Sheffield indførte 1740 staalets omsmeltning til støbestaal eller digelstaal, og den engelske jernværkseier Henry Cort gav 1784 sit lands jernindustri et mægtigt fremstød ved indførelsen af pudlingsprocessen, der tillod anvendelsen af stenkul. — Den østerrigske bergmand Ignaz v. Born (1742—1791) indførte 1785 i Europa den i Mexiko og Sydamerika allerede siden det 16de aarh. brugelige amalgamationsmethode til behandling af sølvertser.

Den kemiske storindustri tog, om end i beskeden maalestok, sin begyndelse med den fabrikmæssige tilvirkning af svovlsyre. Allerede Lemery og Lefèvre havde anbefalet brugen af salpeter ved svovlets forbrænding, og denne forbedring blev fra Frankrige af protestantiske flygtninger bragt til England, hvor den første svovlsyrefabrik blev anlagt. Man anvendte en række indtil 300 liter store glasballoner, der indeholdt noget vand, og som laa paa et sandbad med halsen horizontalt; i denne befandt sig en sten, paa hvilken blandingen af svovl og salpeter anbragtes, og efterat man havde antændt ved et glødende jern, lukkedes halsen med en træprop, saa de flygtige forbrændingsprodukter ikke undveg, men blev optagen af vandet i ballonerne. Denne operation gjentoges flere gange med den hele række af balloner, hvorefter den sure vædske koncentreredes ved inddampning. Ved denne fremgangsmaade opnaaede man at kunne sælge svovlsyren for 41/2 krone pr. kg., eller omtrent 1/5 af den tidligere pris. Og efterat lægen John Roebuck (1718—1794) i sine fabriker 1746 havde indført brugen af blykammere, faldt prisen til 30 øre; blykammerne blev dog endnu kun drevne periodisk, idet man paa en skinnegang kjørte ind en beholder med en antændt blanding af svovl og salpeter. - Tilvirkningen af salpetersyre, der allerede siden Boyles tid havde foregaaet i egne brænderier, blev forbedret, bl. a. af Stahl, medens man endnu ikke var kommen saa langt, at man i større maalestok fremstillede saltsyren, som derfor var den kostbareste af mineralsyrerne. - Om syrernes tilberedning og tilgodegjørelsen af deres biprodukter udkom 1773 et skrift af Jacques François Demachy (1728-1803), direktør for hospitalsapothekerne i Paris.

Blandt den kemiske industris forskjellige grene er der en, som i det 18de aarh. har spillet en saa betydelig rolle, at den fortjener en nærmere omtale, nemlig tilvirkningen af salpeter, der med skydevaabnernes udvikling

¹ I særdeleshed ved det af Berthollet i forening med mathematikeren Gaspard Monge (1746—1816) og Charles Auguste Vandermonde (1735—1796) i 1786 offentliggjorte arbeide; sur le fer considéré dans ses différents états métalliques.

havde faaet en stedse stigende betydning og var bleven en vigtig statssag 1. Isærdeleshed i de lande, hvor man ikke havde rigere naturlige forekomster af raamateriale og derfor maatte nøie sig med det, som kunde indsamles fra stalde, vaaningshuse og beboede steder i det hele taget, var salpetertilvirkningen et landsherreligt regale og blev stillet under en særegen administration, der navnlig i Frankrige blev af betydning. Alt salpeter, som tilvirkedes, blev overtaget af staten, det maatte ikke udføres til hjælp for kongens fiender, og det var vanskeligt og kostbart for apothekere, guldsmede og andre private borgere at faa det, de behøvede til sin bedrift. Salpeterkogerne stod under kronens særlige beskyttelse, de nød mange privilegier og forrettigheder og havde lov til at gaa i privatfolks eiendomme, i byerne som paa landet, for at søge sit raamateriale. Der var strenge straffebestemmelser mod dem, der ikke godvilligt vdede salpeterkogerne, hvad de behøvede, og der opkom tilstande, som var yderst trykkende og ubehagelige for statens øvrige borgere. Alligevel kunde det hænde, at staten kom tilkort paa salpeter, saaledes i Frankrige under krigene mod England i det 18de aarh., hvor salpetermangelen voldte de allerføleligste ulemper. — Det er derfor ikke at undres over, at salpetervæsenet var bleven et af de brændende spørgsmaal omkring midten af det 18de aarhundrede. Der var ogsaa en mangfoldighed af adepter, som satte sig i forbindelse med regjeringerne og frembød sine projekter til fremstilling af »kunstsalpeter«. Man havde endnu ikke nogen klar forestilling om, hvad salpeter egentlig var. Stahl havde udtalt den mening, at salpetersyren var en modifikation af primitivsyren og kunde fremkomme af svovlsyre ved at optage det flogiston, som udvikledes af forraadnende organiske stoffer, og de allerfleste tænkte sig, at salpeter ved en lignende forraadnelsesproces kunde fremkomme af kogsalt, Kogsalt, svovlsyre og kalk tilligemed kvælstofholdende organiske substantser var derfor de hovedingredientser, der benyttedes i alle disse projekter, paa hvilke mangfoldige penge blev bortkastede til ingen nytte. Berlinerakademiet udsatte 1748 en prisopgave, men den belønnede afhandling bragte ikke noget brugbart resultat, og heller ikke den 30 aar senere i Paris opstillede præmie bragte noget udbytte. Den, der paa bedste maade tog sig af sagen, var den franske finantsminister Turgot, der 1775 skaffede salpetervæsenet en hensigtsmæssigere organisation og lod anlægge virkelige salpeterplantager i stor stil, der havde en ganske anden produktionsevne end de gammeldags, som endnu mest var som de af Kyeser beskrevne, kun smaa grave, der

O. Thiele, Salpeterwirtschaft und Salpeterpolitik, Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft. Ergänzungsheft XV, 1905.

fyldtes med kalk, jord, halm o. dsl. Nu tog den franske salpetertilvirkning et stærkt opsving; allerede 1777 var produktionen i million kg. eller dobbelt saa stor som i 1775, og den steg endnu en tid lang, saa Frankrige blev istand til at dække sit behov med indenlandsk salpeter. — Salpeterregalet blev endelig ophævet i begyndelsen af det følgende aarhundrede.

Ogsaa alkalierne fandt stigende anvendelse, navnlig til sæbe og glas; de tilvirkedes fremdeles kun af aske. Vistnok var der i lange tider gjort forsøg paa kunstig fremstilling af soda; Duhamel du Monceau, Marggraf og mange andre havde arbeidet med det, men uden at opnaa brugbare resultater. I 1782 udsatte Pariserakademiet en høi præmie for en økonomisk brugbar løsning af dette spørgsmaal, der i det folgende tiaar i Frankrige fik saa meget større betydning, som kontinentalspærringen hindrede enhver tilførsel fra udlandet, og den indenlandske potaskeproduktion fuldstændig absorberedes af salpetertilvirkningen. Den udsatte præmie blev ikke vundet.

Theorien for den hidtil kun rent haandværksmæssigt drevne farverikunst fremstilledes 1740 af Hellot, der meddelte oplysninger om ægte og uægte farver, beisemidlernes virkning o. m. Man studerede nærmere indigo og waid og erkjendte identiteten af de i disse forekommende farvestoffer². Den engelske læge Edward Bancroft udgav 1794 et værk om farverikunsten.

Marggraf paaviste 1745 sukkerindholdet i roerne, og hans elev Achard udførte senere en række forsøg, der blev grundlaget for en over-

¹ I 1790 var produktionen steget til 2 millioner kg., men dette var endnu ikke nok. Republiken behøvede mere krudt, og i slutningen af 1793 udstedte nationalkonventet et dekret, som opfordrede alle franske borgere til at fremstille salpeter. Regjeringen udsendte samtidig en stor mængde instruktører hele landet over. Virkningen var storartet; der oprettedes i kort tid omtrent 6000 private eller kommunale salpeterværker, som bearbeidede al den jord, som det var muligt at faa skrabet sammen. Da man ikke var i besiddelse af tilstrækkelig potaske til fremstilling af saa store masser salpeter, skaffede man sig denne, idet landsbyernes hele befolkning, mænd, kvinder og børn paa en forud bestemt dag drog ud og samlede lyng, kvist o. dsl., der stabledes op i en stor haug, som efterpaa under sang og festlighed brændtes til aske, der sendtes til potaskekogerierne. I aaret 1794 gik salpeterproduktionen i Frankrige op til 8 millioner kg., men saa gik den igjen tilbage, da det mere tilfældige raamateriale var udtømt og man nu ikke havde andet at holde sig til end plantagerne; men disse sidste udvikledes fremdeles, og man kunde endnu i flere aar producere over 2 millioner kg.

² Waid, isatis tinctoria, havde i middelalderen i stor udstrækning været dyrket i Europa, men da man efter opdagelsen af søveien til Ostindien havde lært indigo at kjende, kom waid snart ud af brug, uagtet man baade i det 16de og 17de aarh. ved strenge forbud mod indførsel af indigo havde søgt at opretholde den hjemlige waidproduktion. Waid indeholder imidlertid altfor lidet af farvestoffet, saa alle anstrængelser for at forbedre fremstillingen var forgjæves. — Indigoens opløselighed i svovlsyre og den derpaa grundede farvemethode skal 1740 være fundet af bergraad Barth i Freiberg.

maade vigtig industri, som dog først ud i det følgende aarhundrede kom rigtigt igang.

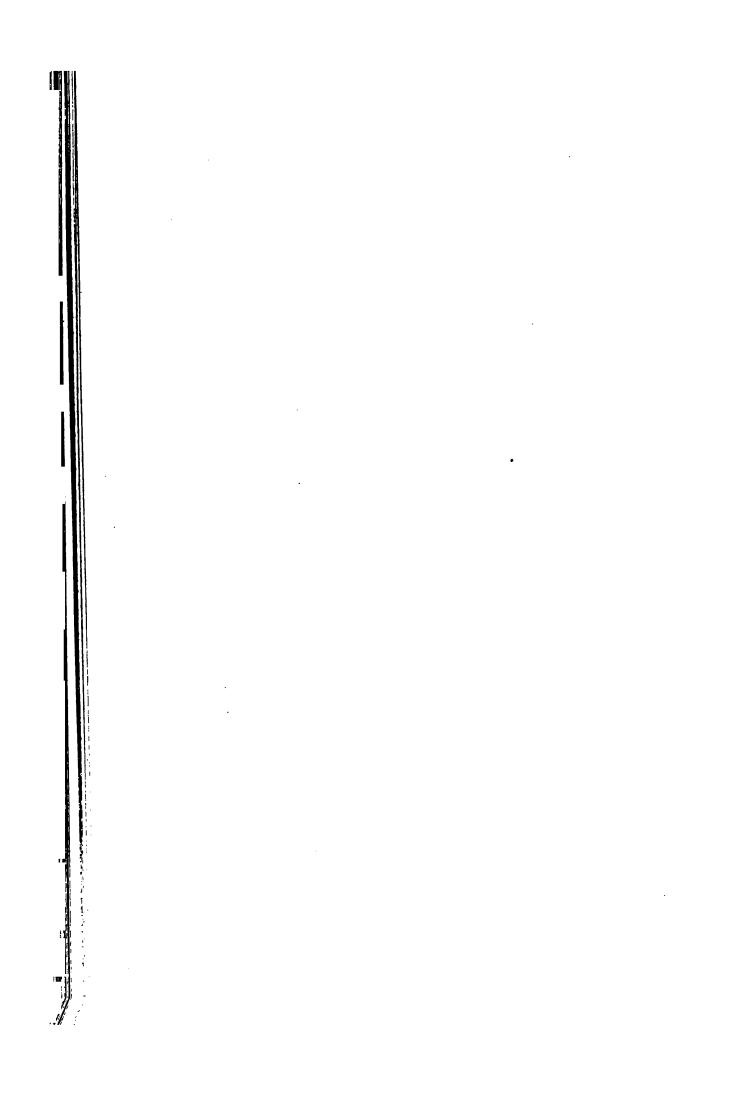
Agrikulturkemiens fornemste repræsentant var Wallerius, hvis agriculturæ fundamenta chemica, åkerbrukets chemiska grunder, udkom første gang 1761. Landbruget, der i lange tider havde været forsømt, modtog nu flere forbedringer; saaledes blev brugen af knuste ben som gjødningsmiddel indført 1774 af den engelske kemiker James Hunter. I det hele taget var landbruget under paavirkning af den af tidens statsøkonomer dannede fysiokratiske lære bleven gjenstand for stor opmærksomhed; der oprettedes allevegne landhusholdningsselskaber, og der udsattes prisopgaver, som foranledigede flere kemikere, deriblandt Bergman, til undersøgelser, der havde interesse for landmanden. Det 17de aarhundredes merkantilisme, som i de ædle metaller havde seet den eneste virkelige rigdom, begyndte at afløses af erkjendelsen af, at disse i og for sig ikke er rigdom, men kun tjener til at lette omsætningen. Man kom da til at betragte jorden som den eneste kilde til rigdom; af naturkræfterne fik man der, som fysiokraterne sagde, et overskud til gave, og dette var hovedkilden til al velstand. Man kom imidlertid henimod aarhundredets slutning ogsaa bort fra, at jorden var den eneste rigdomskilde. Da den ikke frembringer noget uden arbeide, blev det arbeidet, i hvilket man nu saa kilden til den sande rigdom. Disse forskjellige statsøkonomiske drøftelser, der interesserede baade regjeringerne og almenheden, gav anledning til forøget vindskibelighed ogsaa i den kemiske industri, baade for privat og især for offentlig regning; vi har allerede omtalt salpetertilvirkningens opkomst i Frankrige under Turgot, og der var overhovedet i fysiokraternes tid allevegne megen interesse for salt-, alun-, salpeter- og potasketilvirkning¹, navnlig forsaavidt disse var

¹ I Norge søgte Christian VI og Fredrik V at ophjælpe industrien, dels ved direkte pengeunderstøttelser og dels ved privilegier og indførselsforbud. I 1737 anlagdes et alunværk i Oslo, 1738 et saltværk i Vallø, og 1739 grundedes det s. k. sorte kompagni, der blev udstyret med en masse privilegier og fik raadighed over alt, hvad der kunde udnyttes i alle tre naturriger, tilvirkning af tjære, krudt, glas, blyhvidt, vitriol, salpeter, kjønrøg, harpix, potaske o. s. v., og for at hjælpe kompagniet var i længere eller kortere tidsrum af aarhundredet al indførsel af de fleste af de nævnte produkter forbudt. Uagtet kongerne paa mange maader stottede virksomheden, -- kong Fredrik V indtraadte endog 1751 som interessent for tre tiendeparter - kunde dog kompagniet ikke holde sig. De forskjellige mindre virksomheder, det satte igang, døde hen, og det var blot glastilvirkningen, som holdt sig, om end gjennem adskillige vanskeligheder. De første glasværker anlagdes 1739 og 1744, og imod slutningen af aarhundredet blev adskilligt norsk glas udført til Danmark. Herrebø fayancefabrik anlagdes 1758, men var kun 15 aar i virksomhed. Johann Gottfried Erichsen, stadsfysikus i Bergen, fik 1755 privilegium paa fremstillingen af salpeter, som skulde udvindes af liskeaffald og tang, men ogsaa dette gik uheldigt.

binæringer under landbruget. Syslen med den slags spørgsmaal og med naturvidenskabelige undersøgelser, der kunde faa økonomisk betydning, blev meget almindelig, og selv i de mest afsidesliggende egne finder man ikke sjelden presterne optagne deraf ¹.

Trykt den 20. Juli 1906,

¹ Saaledes i 1ste bind af det trondhjemske videnskabsselskabs skrifter (1761), hvor Eric Schytte, ordineret missionær i Finmarken, i en til biskopen oversendt beretning bl. a, meddeler, at han med al forsigtighed havde tillavet et godt oleum tartari per deliquium (henflydt kaliumkarbonat), og at dette i den stærke kulde vinteren 1758 i løbet af nogle timer havde forandret sig til et krystallinsk magma. Dette er vel den første kjendte omtale af et potaskehydrat.



Klima-Tabeller for Norge.

XIV.

Nefiske Vindroser.

Λf

H. Mohn.

Videnskabsselskabets Skritter. I. Mathematisk-natury, Klasse. 1906. No. 5.

Udgivet for Fridtjof Nansens Fond.

Christiania.

I Kommission hos Jacob Dybwad.

A. W. Brøggers Bogtrykkeri.

1906.

Fremlagt i den mathematisk-naturvidenskabelige Klasses Møde 20. April 1906.

Klima-Tabeller for Norge.

XIV. Nefiske Vindroser.

For at faa en Oversigt over det gjennemsnitlige Skydække, der ledsager de forskjellige Vindretninger i Norge, har det meteorologiske Institut beregnet nefiske Vindroser for et Udvalg af Stationer, der repræsenterer Indlandet, Fjordene og Kysten. For de fleste Stationer er til Beregningen benyttet Observationer fra de 20 Aar 1876 til 1895.

Ester Observationsskemaerne, der indeholder Observationerne af Vindretning og Skydække (o = klart, 10 = overskyet) Kl. 8 a, 2 p og 8 p, er taget, for hver Maaned, Summen af de Skydækketal, der er noterede samtidig med hver Vindretning og med Vindstille. Disse Summer reduceredes, om sornødent, til 8 Streger af Vindretning, idet Mellemstregernes Tal sordeltes, med Halvparten, paa hver af de nærmeste Hovedstreger. Disse Summer opsørtes for hver Maaned og hvert Aar i en horizontal Rad med Argument Vindretning. For hver Vindretning fik man saaledes en vertikal Rubrik for den hele Aarrække. Af disse vertikale Rubrikker toges Summen. Denne Sum divideredes med det Antal Gange, som den respektive Vindretning var noteret for i den hele Aarrække. Kvotienten er den midlere Værdi sor Skydækket, som tilhører den respektive Vindretning. Det er disse Tal, som er opsørt i de sølgende Tabeller.

Beregningerne er udført af d'Hrr. Steen, Maalstad, Birkeland, Lundh og Frøken Louise Mohn.

Tabellerne giver Stationens Navn, dens Bredde (B), Længde Øst Greenwich (L), Høide over Havet (H), den benyttede Aarrække og Antal Observationsaar (Aar). Tallene for »Aaret« i den sidste Linie er Middeltallet for de 12 Maaneder. Maximum for Maaneden er trykt med fede Typer. Minimum har en Stjerne. For Rubriken »Stille« gjælder Maximum og Minimum for Vertikalrubriken (Aaret).

Vid.-Selsk. Skrifter. I. M.-N. Kl. 1906. No. 5.

1. Reros $B = 62^{\circ} 34'$. $L = 11^{\circ} 23'$. H = 630 m.

| 1876-95 | Aar | N | NE ' | E | · SE | S | sw | w | NW | Stille |
|---------|---|---|--|---|--|--|---|--|---|---|
| Januar | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2 | 5.9° 6.1 5.4° 6.2 6.5 6.3 6.9 7.5 7.1 7.2 6.3° 7.6 | 6.8 5.0* 6.7 5.7* 5.0* 6.8* 8.0 7.6 8.7 7.6 | 7.5 5.5 6.4 6.1 6.6 6.0 6.8 7.5 7.5 8.4 6.7 | 7.4 6.8 7.0 6.2 6.7 7.2 7.6 8.0 7.8 8.3 8.3 8.0 | 7.9 7.1 7.6 6.5 7.0 6.5 6.9 7.3 7.7 7.8 8.6 8.0 | 6.6 6.3 7.0 6.2 6.5 6.6 6.9 7.2 6.7 | 6.7 6.2 7.0 7.0 6.7 7.5 6.8 6.7* 6.9* 6.2* 6.4 8.0 | 7.1 6.4 6.9 7.3 6.6 6.7 7.6 7.7 7.4 7.2 7.1 | 5.3 4.6 4.6 4.1* 5.2 4.8 6.1 5.6 5.9 6.0 6.2 |
| Aaret | | 6.6 | 6,6 | 6.9 | 7.4 | 7.4 | 6,8 | 6.8 | 7.1 | 5.4 |

2. **Domaas.** (Dovre). $B = 62^{\circ} 5'$. $L = 9^{\circ} 7'$. H = 644 m.

| 1876-95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---------|--|--|---|---|--|---|---|--|---|---|
| Januar | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 | 5.3 5.7 5.4 5.6* 5.3* 6.1* 6.1* 5.7* 15.6* | 5.0° 6.6 5.0 4.6° 5.8 7.1 6.8 6.7 7.2 6.9 5.6 3.8° | 6.9 5.5° 5.4° 5.0 7.2 7.0 6.8 8.0 7.7 9.3 6.0 | 8.3 7.5 7.9 7.6 7.4 7.7 7.7 8.0 8.9 8.7 | 8.2 7-4 7-4 6.9 7.1 6.9 7.8 7-4 7.9 9.0 8.4 | S.0 6.4 7.2 6.1 6.6 6.5 7.1 7.0 7.3 7.8 7.5 | 6.6 6.3 6.1 7.2 5.7 6.6 7.0 5.7* 6.9 7.2 | 6.8 6.8 6.2 6.6 6.4 5.8 6.4 7.1 6.3 6.8 6.6 | 4.6 4.0° 4.2 4.9 5.1 5.6 7.4 6.5 6.0 5.7 5.6 5.1 |
| Aaret | | 5 7° | 6,0 | 6.8 | 7.9 | 7.7 | 7.0 | 6.5 | 6.6 | 5.4 |

3. **Eidsvold**. $B = 60^{\circ} 22'$. $L = 11^{\circ} 13'$. H = 190 m.

| 1876-95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---------|--|---|---|--|--|--|---|--|---|--|
| Januar | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 | 7.5 6.7 5.4 5.5 5.5 5.8 6.0 5.8 6.4 7.2 8.2 | 8.4 8.7 6.7 5.1 6.9 5.9 6.7 6.9 7.0 8.4 9.0 | 8.8 7.2 6.9 7.2 5.1 6.0 7.4 6.9 7.8 8.0 8.1 7.6 | 7.9 7.9 7.0 7.5 6.1 6.3 7.1 7.5 8.4 8.2 | 8.3 8.1 7.4 6.8 6.5 6.0 6.8 6.9 7.4 8.0 8.5 8.7 | 7.5 6.4 6.8 5.0 5.2 4.9 6.0 5.6 6.7 7.0 7.3 | 4.5° 4.5° 4.1° 4.7° 4.7° 5.5° 5.1 5.9 6.3° | 6.9 4.7 4.4 4.1* 4.9 4.8 5.8 5.2* 4.9* 5.6* 6.6 | 8.9 7.2 9.1 7.4 2.4 5.0 5.8 10.0 9.0 |
| Aaret | | 6.3 | 7.4 | 7.3 | 7.8 | 7.5 | 6.3 | 5.2* | 5.4 | 7.0 |

| 4. | Kristiania. | $B = 50^{\circ} 55^{\circ}$ | L = 10° 43'. | H = 25 m. |
|----|-------------|-----------------------------|--------------|-----------|
| | | | | |

| 1876—95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---------|--|---|--|---|---|---|--|---|---|--|
| Januar | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 | 6.2 6.0 4.8 5.4 5.4 6.0 6.9 6.8 5.2 5.4 5.6 | 6.9 6.6 6.6 6.2 6.4 6.7 6.7 6.5 6.7 7.2 | 7.0 6.9 6.6 6.0 6.0 6.4 6.6 7.4 7.2 7.4 | 8.3 8.1 7.3 6.2 5.7 5.0 6.4 6.6 7.2 8.1 9.0 | 8.2 7.9 7.1 5.9 5.3 4.6 5.4 5.7 6.5 8.0 8.4 | 5.5 5.2 4.6 4.6 4.5 3.8° 4.8 4.6 5.3 4.5 5.3 | 5.9 3.4* 4.9 4.1 4.0* 4.2 5.0 4.0* 4.1 3.7* 5.4 | 5.2* 4.5 4.2* 3.9* 4.3 5.1 4.7* 5.3 3.5* 4.0 5.1* | 6.6 5.8 5.3 4.9 5.7 5.2 6.5 5.6 5.8 6.6 |
| Aaret | <u> </u> | 5.8 | 6,6 | 6.7 | 7.2 | 6,6 | 4.9 | 4·5* | 4.6 | 5.8 |

5. Færder. B = 59° 2'. L = 10° 32'. H = 13 m.

| 1885—95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---------|----------------------------|--|---|---|--|--|--|--|---|--|
| Januar | 10 10 10 10 10 10 10 11 11 | 6.0 5.8 5.1 5.8 4.5 3.6 5.1 5.3 3.7 5.8 5.7 6.9 | 8.1 6.7 7.3 7.2 5.8 5.3 7.1 6.4 5.5 7.4 7.4 | 9.5 9.0 8.2 6.9 5.4 6.3 7.9 8.1 8.9 8.5 8.9 | 9.6 8.8 8.6 7.6 5.8 6.4 7.6 8.1 8.9 9.4 | 8.9 8.3 6.4 6.2 5.8 4.4 5.8 6.6 6.9 7.9 8.7 9.0 | 6.4 5.8 4.3 4.7 4.5 3.7 4.6 4.9 5.3 5.9 5.8 6.1 | 4.6 3.6 3.2 3.6 3.3* 3.2* 3.7* 4.6* 3.5 3.9 4.5* | 4.5° 3.5° 2.9° 3.1° 4.1 3.7 4.7 4.9 2.5° 3.8° 4.6 | 4.8 5.4 5.0 4.8 4.5 4.0* 4.4 4.5 5.1 4.9 4.1 |
| Aaret | | 5.3 | 6.8 | 8.0 | 8.1 | 7.1 | 5.2 | 3.5* | 3.9 | 4.9 |

6. Oxe. $B = 58^{\circ} 4'$. $L = 8^{\circ} 4'$. H = 11 m.

| 1876—95 | Aar | N | NE | E | SE | S | sw | w | NW | Stille |
|---------|---|--|--|---|---|--|--|---|---|---|
| Januar | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2 | 6.1 6.0 4.9 5.1 5.7 6.2 7.2 6.2 5.8 6.3 5.7 6.2 | S.7 S.6 7.9 7.1 6.7 6.1 7.2 6.9 7.6 8.4 8.4 8.9 | 9.5 8.9 7.8 6.8 6.3 5.4 6.8 7.4 7.4 8.8 9.5 | 9.9 9.2 8.4 9.0 7.6 6.7 7.8 8.2 7.8 9.6 9.9 | 9.6 9.1 7.9 7.7 7.3 5.9 3.4* 7.6 8.2 8.8 9.3 9.8 | 7.9 7.6 6.7 6.0 6.4 5.1 5.8 0.1 6.9 7.7 8.0 8.5 | 6.0 5.4 4.9 4.9 5.0 4.7 4.9 5.5 5.4 5.5 6.1 | 3.7° 3.1° 3.4° 3.7° 4.0° 5.1 4.9° 3.8° 4.5° 4.1° | 7.8 3.1 5.0 4.0 3.3 2.5* 2.9 5.4 3.1 6.6 4.7 6.5 |
| Aaret | ! : | 6.0 | 7.7 | 7.9 | 8.6 | 7.9 | 6.9 | 5.3 | 4.0* | 4.6 |

7. Skudenes. $B = 59^{\circ} 9'$. $L = 5^{\circ} 16'$. H = 4 m.

| 1876—95 | . Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---------|--|---|--|--|--|--|--|---|---|--|
| Januar | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 | 5.8 5.0° 5.4° 5.0° 5.3° 5.7° 6.3° 6.2° 6.2° | 5.4° 5.0 5.7 6.2 7.4 7.4 8.2 7.9 6.6 6.1° 5.9° | 7.1 7.6 7.0 6.6 6.8 6.6 8.4 7.8 7.6 7.3 | 9.0 8.5 8.2 8.6 8.3 8.9 8.9 8.7 8.7 8.7 | 9.5 9.6 8.6 8.5 8.8 8.9 9.4 9.3 | 9.0 9.1 8.6 7.7 7.4 7.7 8.0 8.9 9.0 8.9 | 8.7 8.8 8.4 7.4 7.3 7.2 8.0 8.1 8.6 9.1 9.2 | 7.8 7.7 7.1 5.9 6.3 6.2 7.2 6.9 7.2 8.0 7.9 | 6.2 5.6 5.9 6.9 7.7 6.9 7.8 7.3 6.6 6.7 |
| Aaret | <u> </u> | 5.8* | 6.5 | 7.4 | 8.7 | 8,9 | 8.5 | 8.3 | 7.2 | 6,8 |

8. Ullensvang. $B = 60^{\circ} 20^{\circ}$. $L = 6^{\circ} 40^{\circ}$. $H = 30^{\circ}$ m.

| 1876—95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---------|--|--|--|---|---|---|---|---|--|--|
| Januar | 20 20 20 20 20 20 20 20 19 20 19 20 20 | 7.7 7.3 7.6 6.5 6.2 6.1 6.2 6.8 6.4 7.3 7.6 7.7 | 6.5 5.9 0.5 4.6° 5.2 4.0° 6.0° 5.9° 6.8 6,0 7.0 6.3 | 6.0 5.0° 5.3 3.9° 5.2 7.7 6.6 5.4° 5.0° 5.0° | 5.7° 5.4 6.1 6.6 8.4 7.3 8.1 7.3 6.9 7.3 | 8.7 8.0 7.9 8.0 8.6 7.7 8.1 ×.3 8.3 8.5 8.7 | 9.5 9.6 9.3 7.7 8.2 7.3 9.0 7.8 8.8 8.5 9.5 | 8.2 8.2 7.5 7.1 6.9 6.6 7.7 7.4 7.7 7.4 7.9 | 7.8 7.7 6.8 6.7 6.3 8.8 6.7 6.2 6.5 6.2 8.1 8.0 | 6.8 6.1 6.0 5.3 5.5 5.4 7.3 7.2 7.0 6.9 6.5 6.7 |
| Aaret | | 7.0 | 5.9 | 5·5* | 6.9 | 8.3 | 8.7 | 7.5 | 7.2 | 6.4 |

9. Bergen. $B = 60^{\circ} 23'$. $L = 5^{\circ} 21'$. H = 17 m.

| 1876—95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---------|---|---|---|--|---|--|---|--|---|--|
| Januar | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2 | 4.3 4.7 4.1 3.5 3.8 3.3* 4.0 4.0* 4.7* 4.4 4.2 5.3 | 2.7° 2.7° 3.6° 2.5° 2.9° 3.7 3.6° 5.0 5.3 4.2° 2.0° 4.5° | 4.1 4.9 4.1 3.0 5.2 4.3 4.8 6.3 5.5 6.5 | 6.6 6.4 6.2 5.7 6.6 5.2 7.6 6.8 7.3 6.9 6.8 | 7.9 7.7 7.2 7.2 7.1 7.7 7.7 8.0 7.8 7.6 8.0 7.9 | 7.8 7.5 6.9 5.9 6.6 6.7 7.6 7.4 7.7 7.6 7.4 | 7.6 6.3 6.4 4.9 4.6 4.1 5.4 5.8 5.9 6.8 6.9 7.8 | 6.2 5.5 5.0 3.8 4.1 3.4 4.8 4.8 5.6 5.5 6.9 | 3.8 3.1° 4.1 3.6 3.9 4.6 6.4 5.1 4.0 3.6 3.7 |
| Aaret | , | 4.2 | 3.6* | 4.9 | 6.6 | 7.7 | 7.3 | 6.0 | 5.2 | 4.2 |

10. Balestrand. $B = 61^{\circ} 13^{\circ}$. $L = 6^{\circ} 34^{\circ}$. $H = 15^{\circ}$ m.

| 1886—95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---------|------------|---|--|--|---|---|---|---|---|---|
| Januar | 9888978999 | 5.1° 4.4 5.1 4.9° 5.6 4.4 4.7 5.6° 5.3° 5.7 7.7 | 5.8 3.1* 4.6* 5.4 5.2 4.2 6.6 6.6 6.6 6.6 6.9 6.9 | 5.2 4.4 5.8 5.1 4.5* 3.9* 4.6* 6.7 5.6 5.8* 5.4* | 8.9 7.1 8.2 7.0 7.1 5.5 5.9 7.8 8.2 7.9 8.2 | 9.0 8.9 8.1 7.8 7.5 6.7 7.9 7.9 7.9 8.8 8.5 | 9.9 9.7 9.4 9.3 8.5 7.6 8.3 9.6 9.6 9.2 9.5 10.0 | 9.1 8.5 9.3 9.0 7.5 7.4 7.8 8.7 8.4 8.9 8.7 | 8.4 7.1 7.7 7.1 8.3 7.4 8.4 8.2 7.8 8.5 8.5 | 8.0 6.6 7.0 6.4 6.0 4.7* 7.0 8.4 7.9 7.3 8.0 7.9 |
| Aaret | | 5.4 | 5.5 | 5.2* | 7.6 | S.2 | 9,2 | 8.5 | 7.9 | 7.1 |

11. Lærdal. B = 61°6'. L = 7°29'. H = 5 m.

| 1876—95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---|---|--|--|---|--|--|--|---|--|--|
| Januar Februar Marts April Mai Juni Juli August September Oktober November December | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2 | 3.6 5.9 6.3 4.9 5.6 4.4 5.5° 3.9° 6.1 6.2 | 2,8° 3.9° 3.3° 3.1° 4.9° 5.9° 8.2 7.9 4.7° 5.0° 2,8° | 5.9 6.2 6.3 6.0 6.1 7.4 7.6 8.1 8.4 7.1 7.3 | 8.3 7.8 8.4 8.2 8.8 7.6 8.9 7.4 8.1 8.7 | 8.3 8.1 9.0 7.3 8.4 7.4 7.9 6.7 9.0 9.2 8.6 9.3 | 8.8 9.4 9.5 8.5 9.3 8.1 8.5 9.6 9.5 9.6 | 9.3 9.1 8.5 8.5 7.6 7.5 8.2 8.1 8.8 8.6 9.2 | 8 9 8.0 8.2 7.8 7.4 7.3 6.8 7.1 7.9 7.8 7.6 8.3 | 6.7 6.3 6.1 5.7* 6.0 5.7* 6.8 6.9 7.2 6.6 7.0 6.8 |
| Aaret | i | 5.1 | 4.S* | 6.9 | S.2 | 8.3 | 9.2 | 8.6 | 7.S | 6.5 |

12. Flore. $B = 61^{\circ} 36'$. $L = 5^{\circ} 2'$. H = 8 m

| 1876—95 | Aar | N | NE | E | SE | S | sw | w | NW | Stille |
|---------|--|--|--|--|---|---|--|---|---|--|
| Januar | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 | 5.5 6.3 6.0 4.5 3.2 3.1* 2.8* 4.0 4.3 5.5* 6.3 5.7* | 4.0° 4.1° 4.2° 2.9° 2.8° 3.1 4.4 3.5° 3.4° 0.3 4.1° 5.8 | 6.6 5.8 6.3 7.0 7.8 8.4 8.6 8.0 7.3 7.0 | 8.0 7-3 7.6 7.1 8.2 8.4 8.8 8.8 8.5 8.7 8.2 | 9.3 8.9 8.7 8.5 9.2 8.7 9.1 9.0 9.0 9.6 9.4 | 9.3 9.0 8.6 8.4 7.9 8.5 8.1 8.6 8.8 9.2 9.3 9.2 | 8.9 8.6 8.2 4.3 5.3 4.2 5.8 5.9 7.8 8.1 9.1 | 8.0 8.5 7.3 5.1 4.1 5.2 5.5 6.2 7.2 8.4 8.1 | 5.5 4.6* 5.3 5.1 6.2 6.4 6.4 6.7 5.4 5.8 4.8 |
| Aaret | ! | 4.8 | 4.1* | 7.2 | 8.1 | 9.0 | 8.7 | 7.1 | 6,6 | 5.6 |

13. Kristiansund. $B = 63^{\circ} 7'$. $L = 7^{\circ} 45'$. H = 16 m.

| 1876—95 | | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| Januar | | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2 | 8.5 7.5 6.7 5.1 5.2 4.3 5.9 6.7 7.3 8.2 7.8 | 6.3 5.3 5.2 3.9 4.0° 3.9° 5.1° 4.8° 5.6° 6.4 | 1.2* 3.4* 3.5* 3.2* 1.5 4.8 5.4 5.3 5.1 1.1* 1.2* 1.3* | 4.9 3.8 4.2 3.8 4.7 5.4 6.0 5.6 5.7 4.9 4.7 | 6.2 5.2 5.5 5.2 6.0 5.2 5.7 6.4 6.5 6.7 6.1 | 8.0 7.3 7.3 7.4 7.4 7.7 8.1 7.9 8.3 7.9 7.9 | 8.4 8.4 7.3 7.5 7.0 7.6 7.7 8.1 8.6 8.4 8.4 | 8.1 7.8 7.9 6.8 6.2 6.2 6.8 6.6 7.0 8.3 8.1 | 4.3 3.6° 4.6 4.8 4.4 4.7 5.3 5.5 5.7 5.1 6.0 |
| Aaret | • | | 6.5 | 5.1 | 4.3* | 4.9 | 5.9 | 7.8 | 7.9 | 7.3 | 5.0 |

14. Trondhjem. $B = 63^{\circ} 26'$. $L = 10^{\circ} 22'$. H = 11 m.

| 1885—95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---------|--|--|---|---|---|--|---|---|--|---|
| Januar | 10 10 10 10 10 10 10 11 11 11 | 7.4 6.2 6.3 6.3 6.1 6.1 6.7 6.6 8.2 7.2 7.3 8.3 | S.1 7.0 7.2 6.5 7.4 6.8 7.1 8.0 8.5 8.1 S.9 | 8.0 6.1 5 8 6 5 7.9 6.3 7.1 8.0 7.1 | 6.1° 5.2° 5.6° 5.9° 7.2 7.4 8.1 7.9 8.1 6.6° 6.8° | 7.9 66 7.7 6.6 6.9 7.3 8.3 8.2 8.3 7.8 7.9 | 8.8 8.9 8.9 8.7 8.5 8.6 9.3 8.7 8.7 | 9.4 8.9 9.0 8.7 8.3 8.8 9.0 9.1 9.1 9.3 9.4 | 9.3 8.6 8.4 7.8 7.5 7.3 7.9 8.4 7.9* 8.5 8.9 | 3.5 10.0 8.9 10.0 9.2 6.3 7.1 8.4 8.7 8.9 6.1 |
| Aaret | · | 6.9 | 7.6 | 7.1 | 6.S* | 7.6 | 8,6 | 8.8 | 8.3 | S. 2 |

15. Brenne. $B = 65^{\circ} 28'$. $L = 12^{\circ} 13'$. H = 11 m

| 1876—95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---|---|--|--|---|---|---|--|---|---|---|
| Januar Februar Marts April Mai Juni Juni August September Oktober November December | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2 | S.o S 2 7.7 b.i 5.1 4.4 5.4 6.0 6.2 7.6 S.2 7.9 | 4.6 3.9 4.7 3.9 4.4 3.5* 5.3 1.3* 5.0 5.2 | 4.1* 4.0 3.8* 4.1* 4.2 5.1* 5.1 5.0* 4.3* 3.7* 3.7* | 6.6 5.9 6.4 5.6 5.2 5.4 5.6 5.5 6.5 6.1 6.7 | S.3 7.8 7.0 7.1 7.7 7.7 7.3 7.9 8.0 8.4 S.4 | 9.3 9.4 9.3 9.2 8.8 9.1 9.1 9.2 9.2 9.5 | 9.1 9.2 8.9 8.8 8.1 8.0 8.4 8.5 9.1 8.9 9.4 | 8.9 8.8 8.9 8.5 7.5 7.4 7.3 7.8 7.9 8.5 9.2 | 5.6 3.7* 1.1 5.0 6.0 6.0 6.5 6.2 5.3 5.8 |
| Aaret | | 6.7 | 4.5 | 4.3* | 6,0 | 7.7 | 9.2 | 8,8 | 8.4 | 5.5 |

16. **Bode.** $B = 67^{\circ} 17'$. $L = 14^{\circ} 24'$. H = 7 m.

| 1876—95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | W | NW | Stille |
|----------------|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Januar Februar | 20 20 19 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 | 7.9 8.1 7.1 6.9 5.1 3.9* 4.6 5.0 6.0 7.4 7.8 | 5.6 5.0 3.9° 4.5 4.4° 4.2° 4.2° 5.4° 5.4° 5.2° 5.5° 5.2° | 5.4° 4.5° 4.5 4.5 4.5 4.5 5.3 5.7 5.2° 5.5 | 8.5 6.5 7.6 7.1 6.3 6.3 6.5 6.1 7.5 7.3 8.2 | 8.8 8.4 8.2 8.6 7.9 7.1 8.1 8.2 8.7 8.1 9.1 | 9.4 9.5 9.0 9.1 8.5 8.4 8.6 9.1 9.3 9.6 9.4 | 8.4 8.6 8.7 8.2 8.1 7.8 8.3 8.0 8.5 8.7 9.3 | 8.7 7.5 8.3 7.9 7.3 7.1 7.4 7.3 7.6 8.2 8.6 | 6.9 7.6 6.5 6.2 6.8 5.8* 6.4 6.7 6.7 6.8 8.5 |
| Aaret | | 6,4 | 4.8* | 5.0 | 7.2 | 8.4 | 9.0 | 8.5 | 7.8 | 6,8 |

17. **Rest.** $B = 67^{\circ} 31'$. $L = 12^{\circ} 9'$. H = 8 m. 1876 - 77 og 1881 - 89og Skomvær. $B = 67^{\circ} 24'$. $L = 11^{\circ} 54'$. H = 20 m. 1890 - 95.

| 1876—95 | Aar | N | NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---------|--|---|---|---|---|---|---|--|--|---|
| Januar | 16 16 16 15 16 16 16 18 18 18 | 7.3 7.0 7.5 6.5 6.3 5.5 6.0 5.9 6.3 6.6 6.9 | 6.8 6.0 5.7 5.4* 5.3 4.5* 5.0* 5.7 6.1 6.1 | 6.1° 5.1° 5.3° 5.6 5.2° 5.1 6.0 5.4° 5.5° 6.0° | 7.4 6.3 6.5 6.8 6.9 6.4 6.9 7.0 6.8 6.5 6.3 | 7.2 8.0 7.9 7.1 7.3 7.2 7.7 7.7 7.9 7.8 7.9 | 8.4 8.6 7.9 8.3 7.5 7.8 7.8 7.8 8.0 8.3 8.2 | 8.6 8.7 8.2 7.8 7.8 7.9 7.6 8.1 | 7-4 8,2 8,2 7-5 7-1 7-2 7-4 7-3 7-0 7-4 7-6 7-9 | 6.5 6.9 4.7 6.1 5.0 4.0* 6.1 7.1 6.0 6.4 6.3 4.2 |
| Aaret | | 6.6 | 5.7 | 5·5* | 6.7 | 7.6 | 7.8 | 8,0 | 7.5 | 5.8 |

18. Svolvær. $B = 68^{\circ}$ 14'. $L = 14^{\circ}$ 37'. H = 7 m.

| 1886—95 | Aar | N NE | E | SE | s | sw | w | NW | Stille |
|---|---|---|---|--|---|--|---|---|--|
| Januar Februar Marts April Mai Juni Juli August September Oktober November December | 9 9 8 8 6 6 7 7 7 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 | 5.4 3.9° 5.7 3.8° 5.3 3.5° 6.1 4.4 6.3 3.9 6.1 4.6 6.0 6.7 7.2 6.7 7.9 3.9° 7.4 3.8° 6.4 3.8° 6.0 3.5° | 5.5 4.5 4.7 3.5° 3.4° 3.5° 3.6° 4.9° 5.1 5.1 | 7.2 6.2 6.3 4.5 5.3 3.7 4.5 5.8 6.6 7.1 7.4 6.7 | 7.9 7.3 7.5 5.7 4.9 4.5 4.2 4.8 7.2 9.7 8.0 | 8.8 8.9 9.3 9.0 8.6 8.7 9.1 9.2 9.6 7.1 9.5 9.7 | 8.6 8.1 9.1 8.2 8.0 7.8 8.1 8.4 9.0 8.6 8.3 | 7.1 8.2 9.2 8.5 8.6 8.7 7.8 9.4 8.1 8.4 7.8 | 5.7 6.0 5.7 5.1 4.1* 4.2 4.9 5.7 6.8 5.9 6.7 |
| Aaret | e | 5.1 4.3* | 4.4 | 5.9 | 6.6 | 8.9 | 8.4 | 8.3 | 5.6 |

19. Lodingen. $B = 68^{\circ} 24'$, $L = 16^{\circ} 1'$, H = 13 m.

| 1876 -84 | Aar | \mathbf{N}^{-1} | NE | E | SE | S | SW | W | Z.M. | Stille |
|-----------|--------|-------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|--------|
| Januar | 9 | 4.7 | 2.6* | 3.6 | 7.7 | 8.7 | 9.4 | 8.4 | 7.6 | 5.2 |
| Februar | ý | 3.9 | 2.5* | 3.0 | 5.4 | 8,8 | 9.9 | 9.2 | 7-3 | 5.2 |
| Marts | | 5.2 | 2.6 | 2.1* | 6.8 | 6.9 | 8.9 | 8,2 | 6.7 | 4.6 |
| April | 9 8 | 5.0 | 4.1 | 3.2* | 4.6 | 7.0 | 9.1 | 8.5 | 6.3 | 5.4 |
| Mai | 8 | 5.4 | 4.4 | 4.1* | 4.6 | 7.3 | 8.7 | 8.7 | 7.5 | 5.9 |
| Juni | 8 | 5.0 | 3.4 | 4.0 | 3.6 | 4.4 | 7.6 | 8.4 | 7-4 | 4.6 |
| Juli | 8 | 3.8 | 3.7 | 3.3* | 3.5 | 6.1 | 8.0 | 8.2 | 7.3 | 4.6 |
| August | 8 | 5.5 | 4.5 | 4.9 | 6.5 | 0.3 | 8.5 | 8,5 | 6.6 | 5.5 |
| September | 8 | 4.7 | 4.1* | 6.0 | 6.2 | 8.2 | 8.5 | 8,1 | 7.4 | 5.6 |
| Oktober | 8 | 4.8 | 4.0 | 5.3 | 8.8 | 8.5 | 7.6 | 7.6 | 5.9 | 5.6 |
| November | 8 | 5.1 | 4.1* | 5.0 | 7.1 | 8.8 | 9.5 | 8.4 | 7.0 | 6.4 |
| December | 8 | 3.2 | 3.1* | 3.8 | 6.4 | 8.0 | 9.5 | 8.9 | 7.3 | 4.9 |
| Aaret | | 4.7 | 3.6° | 4.0 | 5.9 | 7.4 | 8.8 | 8.4 | 7.0 | 5.3 |

20. Tromse. $B = 69^{\circ} 39'$. $L = 18^{\circ} 58'$. H = 15 m.

| 1876 - 95 | Aar | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | Stille |
|-----------|---|--|--|---|--|---|---|--|--|--|
| Januar | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2 | 8.0 6.6 7.7 6.8 7.0 5.5 5.8 6.7 6.9 7.7 | 6.8 4.6 5.5 5.6 5.3 4.9 5.2* 5.8 6.0 | 3.3° 4.2° 2.7° 3.4° 3.1° 4.6° 6.5 6.4 6.1 | 4.4 5.6 3.7 4.1 4.7 6.0 5.7 4.7* 5.6* 4.5 | 7-3 7.1 6.9 6.8 6.7 7.1 6.0 6.7 7.2 6.7 7-3 | 8.1 7-5 7-4 8.2 8.3 8.5 8.5 8.6 7-9 | 8.8 8.1 8.5 8.5 8.5 8.2 8.5 8.3 9.2 8.7 | 7.4 8.3 3.1 9.2 8.7 8.0 7.1 8.5 8.5 8.5 | 4.14 4.7 4.4 4.9 5.4 6.2 5.8 6.0 6.3 5.5 |
| December | 20 ' | 7.9 | 5.3 5.6 | 3.0° | 3·7 4·9 | 6.7 | 7.6 8.1 | 8.8 8.6 | 8.6 | -4 |

21. Alten. $B = 69^{\circ} 58'$. $L = 23^{\circ} 15'$. H = 13 m.

| 1876-9 | 15 | | Aar | N | NE | E | SE | S | sw | W | NW | Stille |
|-------------|----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------------|--------|
| Januar , , | | | 20 | 9.4 | 6.6 | 2,2* | 5.9 | 7.9 | 8.7 | 9.0 | 9,4 | 6.1 |
| Februar | | | 20 | 9,1 | 8.7 | 3.2* | 5.4 | 6.9 | 8.6 | 9.0 | 9.0 | 5.9 |
| Marts | | | 20 | 9.3 | 9.0 | 2.4* | 5.1 | 6.1 | 7.9 | 8,0 | 9.1 | 5.2* |
| April | | | 20 | 7.2 | 8,6 | 4.4* | 5.1 | 6,9 | 6.9 | 8.4 | 9,3 | 6.5 |
| Mai | | | 20 | 8.6 | 8,6 | 7.0 | 6.4 | 6.3 | 5.8 | 7.6 | 8,7 | 7.2 |
| Juni | | | 20 | 6,9 | 7.2 | 5.6 | 6.4 | 4.7* | 7.0 | 6.2 | 6.7 | 6.8 |
| Juli | | | 20 | 7.2 | 6.3 | 5.5 | 4.00 | 5.4 | 7.0 | 7.3 | 6.4 | 6.4 |
| August | | | 20 | 8.1 | 7.1 | 1.6* | 6.0 | 5.6 | 6.0 | 8.1 | | |
| September . | | -01 | 20 | 8.9 | 8.5 | 5.9* | 7.2 | 6.1 | 7.5 | 8,2 | 7.9 8.8 | 7.1 |
| Oktober . | | 3.1 | 20 | 9.4 | 9.2 | 4.4 | 5.9 | 6.2 | 8,2 | 8,0 | 9.4 | 7.0 |
| November . | | | 20 | 9.0 | 5.8 | 3.6* | 5.5 | 8,1 | 7.6 | 8.9 | 9.6 | 6.8 |
| December , | | . ! | 20 | 9.6 | 4.0 | 2.4* | 3.6 | 7.6 | 4.8 | 9,9 | 9.8 | 6.0 |
| Aaret . | | . ! | | 8,6 | 7.5 | 4.0* | 5.5 | 6.5 | 7.2 | 8,2 | 8.7 | 7.4 |

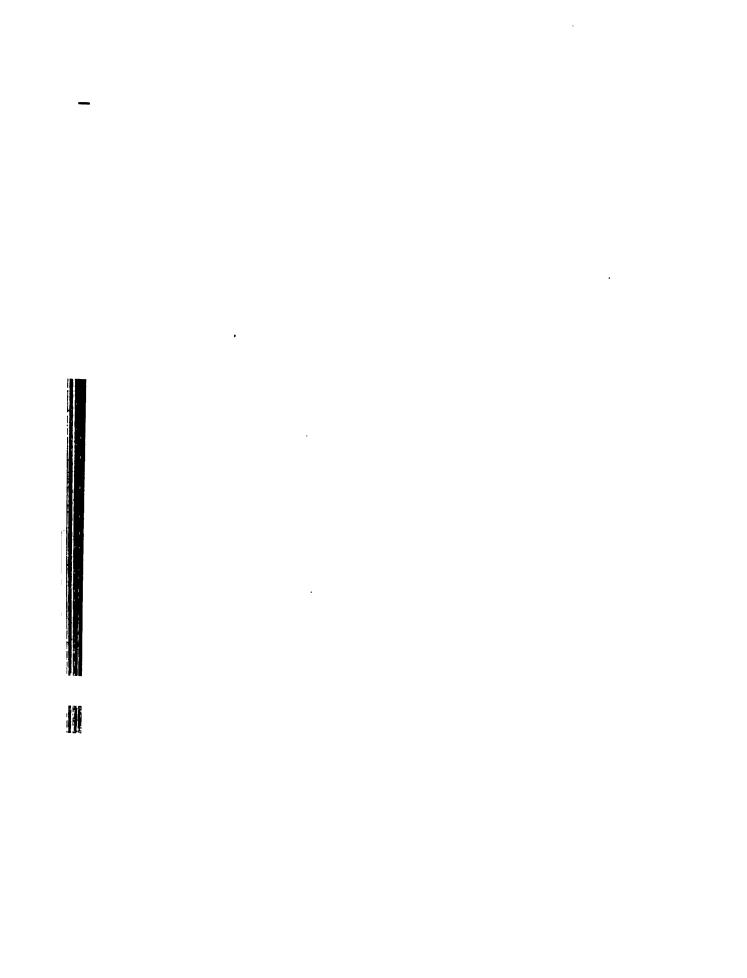
22. Vards. $B = 0^{\circ} 22'$. $L = 31^{\circ} 8'$. H = 10 m.

| 1876—95 | Aar ii | N | NE | E | SE | S | sw | w | NW | Stille |
|---------|--|--|--|---|--|--|--|---|--|---|
| Januar | 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 | 9.3 9.4 9.2 8.9 9.3 8.2 8.8 8.5 8.9 9.5 | 9.4 9.5 9.2 9.3 9.2 8.8 8.5 8.7 9.0 9.4 | 9.0 9.3 9.6 9.4 9.0 8.1 7.7 8.8 9.2 9.3 9.4 | 8.5 8.8 7.7 8.0 7.3 5.9 5.8 7.0 8.1 9.2 9.3 9.2 | 8.7 8.3 7.9 6.9 5.9* 6.0 5.2* 5.7* 7.1 8.1 9.2 | 6.3° 6.1° 5.5° 6.0° 7.3 6.1 6.7 5.9 6.2° 6.5° 6.4° | 7.6 7.0 7.7 8.3 8.2 7.6 7.8 6.7 7.0 | S.7 8.4 8.6 9.0 8.1 8.2 8.3 8.3 8.4 8.8 | 5.7 6.5 6.4 7.0 6.7 7.2 5.9 6.3 6.2 6.2 6.8 5.4 |
| Aaret | | 9,0 | 9.1 | 9,0 | 7.9 | - 7∙3 | 6.3* | 7.5 | 8.5 | 6.4 |

Af Tabellerne sees, at Skydækkets Fordeling i Vindrosen for den enkelte Stations Vedkommende er meget nær den samme i alle Maaneder. Tallene for Aaret giver saaledes en god Oversigt over Fordelingen. Denne er forskjellig i de forskjellige Dele af Landet. Paa Østlandet (Dovre-Oxø) er det Sydost, som har det største Skydække, og nordlige til vestlige Vinde, som har det mindste Skydække. Paa Vestkysten (Skudenes-Florø) har de sydlige (til sydsydvestlige) Vinde det største, de nordlige til nordostlige det mindste. I Hardanger og Sogn er det mest skyet med Sydvest, mindst med Nordost og Øst. Paa Romsdalskysten og i Trondhjem er det mest skyet med Vestenvinde, mindst med Østenvinde. Nordland har størst Skydække med Sydvest, mindst med Nordost. Tromsø størst med Vest, mindst med Øst. I Finmarken har nordvestlige til nordostlige Vinde det største Skydække. Det klareste Veir har Alten med Østenvind, Vardø med Sydvest. Paa hele Kysten fra Færder til Vardø er det Havvinde, som bringer det største Skydække, medens Landvinde, for en stor Del fra en nordlig Kvadrant, bringer det klareste Veir.

PROF. DR. W. C. BRØGGER:

DIE MINERALIEN DER SÜDNORWEGISCHEN GRANITPEGMATITGÄNGE.



DIE MINERALIEN

DER SÜDNORWEGISCHEN GRANIT-PEGMATITGÄNGE.

I. NIOBATE, TANTALATE, TITANATE UND TITANONIOBATE.

VON

PROF. DR. W. C. BRØGGER.

(VIDENSKABS-SELSKABETS SKRIFTER. MATH.-NATURV. KLASSE 1906. No. 6.)

UDGIVET FOR FRIDTJOF NANSENS FOND.

KRISTIANIA.

IN COMMISSION BEI JACOB DYBWAD.

A. W. BROGGERS BUCHDRUCKEREI.

1906.

Fremlagt i Fællesmødet den 23de Marts 1906.

Professor Dr. S. L. Penfield

in Freundschaft gewidmet.



Inhalt.

| | Seite |
|--|-------|
| Einleitung | t |
| Kurze Übersicht über die Verbreitung und die Mineraliengesellschaft | |
| der granitischen Pegmatitgänge Südnorwegens | |
| Die pegmatitische Ganggefolgschaft des Fredrikshaldsgranits | - |
| | |
| Die Granitpegmatitgänge der Umgrenzung der grossen Granitgebiete des SW- | |
| lichen Norwegens | |
| Verzeichniss der Mineralien der stidnorwegischen Granitpegmatitgänge | 25 |
| Bemerkungen über die einzelnen Mineralspecies der südnorwegischen grani- | |
| tischen Pegmatitgänge. | |
| | 20 |
| I. Niobate, Tantalate, Titanate und Titanoniobate | |
| Fergusonit | |
| Ilmenit | |
| Ilmenorutil | |
| Mossit | 50 |
| Columbit | 53 |
| Euxenit und Polykras | |
| Blomstrandin (und Priorit) | |
| Die Verbindungen R.RO3. Homoiomorphie der Metatitanate und der | |
| Metaniobate | |
| | - |
| Mikrolith und Pyrrhit | |
| Samarskit | |
| Yttrotantalit | |
| Erklärung der Tafeln | 161 |

The state of the s

Einleitung.

Es giebt wohl in der ganzen Welt wenige Gegenden, die einen grösseren Reichthum an granitischen Pegmatitgängen ausweisen können, als das südliche Norwegen, gewiss auch nicht viele, die nur eine ähnliche Mannigsaltigkeit dieser sür den Mineralogen, sowie auch sür den Chemiker so interessanten und ergiebigen Fundgruben seltener und merkwürdiger Mineralien beherbergen.

Wie ich schon bei früherer Gelegenheit nachgewiesen habe¹, umfransen die Pegmatitgänge im Allgemeinen die Grenzzone der betrefenden Gebiete von Tiefengesteinen, denen sie sich genetisch anschliessen, und deren letzte eruptive Thätigkeit sie selbst repräsentiren; in oder längs der Grenzzone, bald auf diese begrenzt, bald auch in einiger doch nie sehr grosser Entfernung von derselben, bald spärlicher bald in reicher Fülle — wenn sie überhaupt vorhanden sind — bilden sie, wo sie auftreten, eine ausserordentlich charakteristische Gruppe der Ganggefolgschaft der verschiedensten Tiefengesteine. Doch ist nicht jede Grenze der Tiefengesteinsgebiete von pegmatitischen Gängen umsäumt, und ebensowenig sind alle pegmatitischen Ganggesellschaften reich an seltneren Mineralien.

Der Reichthum des südlichen Norwegens an granitischen Pegmatitgängen hat ganz natürlich zu einer bedeutenden Produktion von Feldspath (besonders Mikroklinperthit) zu technischem Gebrauch, namentlich für die Porcellanindustrie, geführt; die Grösse dieser Produktion hat in

W. C. Brøgger: Nogle bemærkuinger om pegmatitgangene ved Moss og deres mineraler«. Geol. Fören, i Stockholm Förhand. B. 5, S. 371 (1881). Siehe auch: W. C. Brøgger. Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Zeitschr. f. Kryst. B. 16, I, S. 202 ff. (1890).

den letzteren Jahren gewöhnlich 15000 bis 25000 Tons jährlich ausgemacht¹. Als Nebenprodukte werden dabei, ausser Quarz (im Jahre 1904 6679 Tons) und z. Th. Glimmer auch verschiedene Mineralien mit seltneren Erden und Säuren gewonnen, theils für specielle chemische Zwecke, theils in den späteren Jahren namentlich als Rohmaterial für die Darstellung der seltenen Erden (Yttererden, Ceritoxyde, Thorerde, Zirkonerde etc.) und Säuren (Tantalsäure, z. Th. auch Niobsäure etc.) für die Glühlichtindustrie.

Die Feldspathbrüche — z. Th. sind sie ordentliche Gruben — können selbstverständlich nicht sehr weit von genügender Communikationslinie (Eisenbahn oder Seehafen) belegen sein. Sie sind nämlich nur ganz ausnahmsweise so reich an werthvollen seltenen Mineralien, dass sie ausschliesslich dieser wegen abgebaut werden können, und der Feldspath. sowie der Quarz bedingen zu niedrige Preise, als dass sie einen längeren kostspieligen Transport tragen könnten; praktisch verwerthbarer Glimmer ist auch nur verhältnissmässig selten vorhanden. Dieser Umstand hat dann ganz natürlich zu dem Resultat geführt, dass einige der an Pegmatitgängen reichen Gebiete durch Abbau gut aufgeschlossen sind, während andere fast gar nicht bearbeitet werden konnten. Die Kenntniss der Mineralienführung der granitischen Pegmatitgänge Südnorwegens beschränkt sich deshalb zum grössten Theil auf diejenigen Granitbezirke. welche nicht allzu weit von der Küste liegen, während die Pegmatitgebiete des Binnenlandes (z. B. am Nordende von Kröderen, Modum. die Gegend NO. und O. von Öieren, Numedal, die Nordgrenze des Granitgebietes von Telemarken etc.) in mineralogischer Beziehung sehr unvollständig oder gar nicht untersucht werden konnten.

Eine Bearbeitung der Mineralien der südnorwegischen granitischen Pegmatitgänge kann deshalb gegenwärtig nur ganz unvollständig und nur für gewisse Gebiete einigermassen befriedigend ausgeführt werden. Auch andere Umstände sind hier entscheidend, so namentlich die sehr beschränkten Geldmittel, welche das mineralogische Institut der Universität auf Einkauf der Mineralien spenden konnte; die Sammler und Mineralienhändler haben deshalb in grosser Ausdehnung eben die seltensten

In den Jahren 1840 bis 1889 (nach J. P. Friis) im Ganzen ca. 170 000 Tons. In den Jahren 1890-95 durchschnittlich 9 bis 10 000 Tons, 1896-1900 ca. 15 500 Tons, 1901-1903 ca. 18 bis 19 000 Tons; im Jahre 1904 20 835 Tons zu einem Werth von etwas mehr als 300 000 Kronen. Aus diesem Export 1904 stammten 755 Tons von der Gegend östlich vom Kristianiafjord (Spro, Næsodden b. Kristiania), 5349 T. von Smålenene, 3003 Tons von Kragerö, 4809 T. von der Küste von Nedenäs (Risör-Arendal), 6893 T. von Kristiansand (namentlich vom Sætersdal). Im Ganzen in den Jahren 1840-1906 exportirt ca. 400 000 Tons von Feldspath.

und werthvollsten Stufen und Krystalle an das Ausland verkauft, ein Umstand, welcher es gegenwärtig unmöglich macht, eine einigermassen erschöpfende Darstellung der Paragenesis der Mineralien der granitischen Pegmatitgänge Südnorwegens zu liefern.

Obwohl eine monographische Bearbeitung der granitischen Pegmatitgänge Südnorwegens, in der Vollständigkeit, wie ich eine solche früher für die syenitischen Pegmatitgänge des Kristianiagebietes durchführen konnte, somit gegenwärtig gänzlich ausgeschlossen ist, so ist doch im Laufe der Jahre ein so bedeutendes Material von Mineralien auch aus den granitischen Pegmatitgängen des südlichen Norwegens nach und nach in der Sammlung des mineralogischen Instituts der Universität angehäuft, dass ich schon seit vielen Jahren eine Bearbeitung desselben angefangen habe. Einige Vorarbeiten zu dieser Bearbeitung hatte ich schon im Anfang der 80-er Jahre gemacht. Professor Dr. C. Blomstrand in Lund erhielt dann von mir eine Anzahl neuentdeckter Vorkommnisse zur Analyse, und ich bekam somit nachher (im letzten Theil der 80-er, und im ersten Theil der 90-er Jahre) die an diesem Material von ihm ausgeführten Analysen zur Publikation in einer grösseren Arbeit über die Mineralien der granitischen Pegmatitgänge Südnorwegens.

Verschiedene Umstände haben diese Publikation ein Jahr nach dem anderen verzögert. Die Bearbeitung einer Anzahl der betreffenden Mineralien wurde zwar schon vor vielen Jahren fertig geschrieben, und ebenfalls mehrere vorläufige Mittheilungen über einzelne Mineralspecies publicirt, eine Vollendung der ganzen Arbeit erlaubte meine Zeit mir aber noch immer nicht, da andere Arbeiten immer dazwischen kamen.

Da es mir unter diesen Umständen ziemlich hoffnungslos erscheinen musste, die vollständige Bearbeitung der Granitpegmatitmineralien zur Publikation fertig zu bringen, habe ich mich schliesslich dazu entschlossen den ursprünglichen Plan eines derartigen Werkes wesentlich zu ändern, und, anstatt eine einigermaassen abgeschlossene Bearbeitung des ganzen Materiales auf einmal zu liefern, die Publikation auf eine Reihe von Abhandlungen zu vertheilen, in der Hoffnung in dieser Weise jedenfalls die Bearbeitung der wichtigsten Gruppen der speciell für die granitischen Pegmatitgänge charakteristischen norwegischen Mineralien fertig zu bringen.

Als erste Publikation dieser Reihe soll denn die Bearbeitung der Niobate, Tantalate und Titanoniobate der südnorwegischen Granitpegmatitgänge in der folgenden Darstellung mitgetheilt werden. Es war natürlich mit dieser Gruppe anzufangen, in erster Linie auch deshalb, weil es mir eine ernste Pflicht war, zuerst die von meinem hoch-

1

verehrten verstorbenen Freund Prof. Dr. C. Blomstrand schon längst ausgeführten Analysen einmal zu publiciren.

Wenn nun dieser erste Theil der Arbeit auch bei weitem nicht das geben kann, was ich früher gehofft hatte, habe ich doch so oft die Wahrheit des Wortes: »das Beste ist des Guten Feind« selbst gefühlt, und eben auch in Verbindung mit dieser Publikation erfahren, um nicht dennoch froh zu sein, doch endlich einmal das alte Manuscript zum Drucken zu schicken; es hat ja doch für mehrere Abschnitte schon viel länger als die vom Vater Horaz empfohlenen 9 Jahre in der Schublade des Schreibtisches gelegen.

Kurze Übersicht über die Verbreitung und die Mineraliengesellschaft der granitischen Pegmatitgänge Südnorwegens.

Selbst in der unmittelbaren Nähe von Kristiania sind granitische Pegmatitgänge, im Grundgebirge beiderseits des Bundefjords und des Kristianiafjords innerhalb Dröbak recht häufig; grössere Gänge sind jedoch hier selten und eine mehr bedeutende Feldspathproduktion hat nur an einer einzigen Stelle und namentlich in den beiden letzten Jahren bei Spro, am Næsodden, etwa 20 Km. SSW von der Stadt, und unmittelbar am Kristianiafjord, stattgefunden. Von seltneren Mineralien ist hier wesentlich nur ein schwarzes, dem Euxenit oder dem Samarskit ähnliches, Mineral vorgekommen; Krystalle mit erkennbarer Flächenbegrenzung sind nicht gefunden, und das Mineral ist nicht näher untersucht.

Die Granitgebiete im Grundgebirge beiderseits des grossen Binnensees Öieren sind mit einer grossen Anzahl von Pegmatitgängen umgeben; der schlechten Communikationen wegen hat hier kein Abbau nach Feldspath stattfinden können, und die Mineralienführung dieser Gänge ist deshalb beinahe gänzlich unbekannt. Auf Kaliglimmer wurden an ein Paar Stellen an der SO-Ecke von Öieren die Gänge angebrochen; so wurden z. B. bei Olberg in Trygstad grosse und hübsche Platten von Muscovit gewonnen.

Auch eine Reihe anderer Glimmergruben finden sich östlich vom Glommenfluss in den Kirchspielen Eidsberg, Rakkestad etc. So fanden sich z. B. ausgezeichnet schöne und grosse Platten von Muscovit in der Tutturen Grube in Eidsberg; mehr bekannte Glimmergruben sind die Greaker-Grube, sowie namentlich die grosse Erte-Grube (östlich vom See Ertevand) in Rakkestad¹, ferner die Gruben bei Hövik und Kjölen-Ödegården ebendaselbst. Zum Theil schliessen sich diese Glimmergruben östlich vom Glommenfluss an eine Reihe älterer kleiner Granitgebiete, welche im ganzen Smålenene Amt östlich von Glommen zerstreut sind; denselben schliesst sich auch eine grosse Masse von

¹ Über diese Gruben siehe: J. P. Friis. Norges geol. unders. No. 14. Årbog f. 1892 & 1893, Kristiania 1894, S. 76 ff.

granitischen Pegmatitgängen an, welche wesentlich nur Feldspath und Quarz geliesert haben. Von derartigen Vorkommen können z. B. erwähnt werden:

In Askim, ein grosser Feldspathgang bei Gurrud, nahe bei Askim Bahnhof; der Feldspath war hier in der Teufe mit Pyrit so stark verunreinigt, dass der Abbau deswegen aufhören musste. In Eidsberg sind ebenfalls eine Reihe von granitischen Pegmatitgängen auf Feldspath abgebaut, so z. B. bei Haga, ferner bei Pengerud, bei Lundeby (in Hærland etc.).

Die pegmatitische Ganggefolgschaft des Fredrikshaldsgranits.

Südlich von dem grossen, von der bekannten Endmoräne, dem »Ra« aufgestauten See »Vansjö« fängt das grosse Granititgebiet von Smålenene und Bohuslän an; die Nordgrenze desselben streicht ungefähr SW-NO von der Mündung des Kråkstadfjords in Råde nach dem südlichen Theil von Vansjö, dann ung. W-O nach dem S-Ende von »Mingevand«, dann längs dem SO-Ufer dieses Sees 6-7 Km. in NO-licher Richtung, ferner in einem Bogen in der Richtung NW-SO nach Varteig Kirche und nach dem See »Issevand« und weiter ung. in südlicher Richtung nach Spänviken, dann umbiegend in der Richtung W-O nach dem Iddefjord etc. und nun in südlicher Richtung nach dem Boden dieses Fjords in Bohuslän, wo das Granititgebiet nach Süden fortsetzt bis zum Gullmarfjord und Lysekil. Das Land westlich von dieser Grenze wird der Hauptsache nach vom Granitit eingenommen. Dies ganze Granititgebiet ist somit ungefähr 130 Km. in der Richtung N-S zwischen Vansjö und Lysekil und durchschnittleih 15-20 Km. in der Breite in der Richtung O-W.

Die ganze Grenzzone dieses Granititgebietes ist nun von zahllosen Pegmatitgängen umsäumt, namentlich in der näheren Umgebung der Grenze, aber auch in grösserer Entfernung, bis zu 10 bis 15 Km., von derselben.

In grosser Anzahl sind diese Gänge von so grobem Korn und so bedeutender Mächtigkeit, dass sie bei hinreichend günstiger Lage auf Feldspath und Quarz oder (seltener) wesentlich auf Glimmer abgebaut werden konnten.

So sind am Kurefjord im Kirchspiel Rygge Feldspathbrüche bei Grevsrud, Hullingsås, Sameja etc. gewesen, ferner weiter gegen NO in Rygge bei Fredskjær, Kjelleröd, und bei Huggenæskilen 'bei Vandsjö, samt auf der Insel Fæö in Vandsjö (bei Dramstad etc.), hier grosse Gruben (u. a. reich an Beryll).

Im Kirchspiel Råde, am Kråkstadfjord bei Röstad und Fuglevik (Beryll, Columbit etc.), weiter NO bei Berg (Fergusonit etc.!) Lökka, Heja, bei Åker, Lorebö, Elvestad, Karlshus (grosse, an Mineralien reiche Grube), Skråtorp, Starengen, Halvorsröd (interessantes Vorkommen, reich an Flussspath), Lundeby, Myre, Lund, Slangsvol'd (Molybdänglanz in schönen Krystallen etc.), ferner auf der Insel Oxenö etc., — fast überall in Råde mit Columbit etc.

Weiter nördlich fanden sich eine Reihe Feldspathbrüche, z. Th. reich an Mineralien (Samarskit, Columbit, Monazit etc.) auf der Insel Dillingö in Vandsjö, sowie auch östlich von Vandsjö im Kirchspiel Våler eine Anzahl z. Th. ziemlich bedeutender Feldspathbrüche auf der Ånneröd-Halbinsel (Gustavsgrube, Eriksgrube, Aslaksgrube etc. bei Ånneröd; Kjærsund-Grube, Ödegårdsletten-Grube etc. etc.), fast alle mit Columbit, Samarskit etc., und mehrere mit reichlicher Masse von z. Th. riesigen Krystallen von Beryll, Topas etc.

Die Umfransung der Granititgrenze mit Granitpegmatitgängen setzt sich weiter noch in NO und O von der Granititgrenze fort, in Svindal, Tune, Varteig und Rakkestad, Skjeberg und Berg.

So ist bei Röstad etc. in Svindal Molybdänglanz auf einem Pegmatitgang gebrochen. In Tune Kirchspiel sind grössere Feldspathbrüche getrieben bei Ramstad und Ryen (hier u. a. Thoruranin), in Varteig Kirchspiel nahe bei Ise Bahnhof (mehrere Gänge), ferner in Skjeberg Kirchspiel bei Sætre (grosser Gang) am SW-Ende vom Issesjö, auch bei Havn mehrere grössere Brüche am Issesjö, und bei Ubby (Ybby) am NO-Ende des Sees.

Weiter gegen SO findet sich auch näher der Granitgrenze eine grössere Feldspathgrube bei Herrebröden im Kirchspiel Råde, samt noch weiter gegen SO bei Lilledal im Kirchspiel Tistedalen.

In weiterer Entfernung von der Granitgrenze, etwa 7 bis 10 Km., liegt eine grosse Reihe von Feldspathbrüchen und Glimmergruben nach einander auf einer Linie NNW—SSO, namentlich längs dem Thal des Ertevand und des Skjæklevand in Rakkestad.

In Rakkestad sind grössere und kleinere Gruben abgebaut bei Sandaker (hier drei Gruben; eine derselben hat eine Reihe sehr grosser, schöner Feldspathkrystalle geliefert, die jetzt von der Mineraliensammlung der Universität Kristiania erworben sind); ferner bei Ski, Melleby, Narby, Sagbakken, Lund, Rolfseiden (sämmtlich NNW vom See Ertevand in Degernæs), ferner bei Orud, Knold und Vatved (um das

S-Ende von Ertevand), serner bei Julsrud und bei Stryker etc. (nahe dem N-Ende des Sees Skjæklevand), alle in Degernæs. Einige dieser Vorkommen sind bedeutende Feldspathgruben, so namentlich die Orud-Grube, wohl die grösste Feldspathgrube in Smålenene, angeblich ca. 80 M. ties und schon durch viele Jahre abgebaut, ebenso die von einer französischen Compagnie getriebene Stryker-Grube etc. 1

Auch in Schweden ist die Ostgrenze des Granititgebietes entsprechend mit Pegmatitgängen umsäumt, so z. B. S. von Uddevalla etc.

Ebenso finden sich Pegmatitgänge ganz allgemein verbreitet längs der W-Grenze dieses Granititgebietes auf den Inseln, wo dieselbe erhalten ist, so auf den Koster-Inseln in Bohuslän, wie auf der Insel Kragerö bei Fredrikstad, auf den westlichsten der Hvaler-Inseln in Smålenene (Kirkeön, Spjærö etc.).

Das Hauptgestein des grossen, oben erwähnten Granititgebietes in Smålenene – Bohuslan gehört, wie schon von A. E. Törnebohm nachgewiesen, zu den jüngsten Granitigesteinen des Grundgebirges; es ist ein relativ kleinkörniger Granitit, gewöhnlich von hell grauer, gelblich grauer oder seltener hell röthlicher Farbe, mit herrschendem Mikroklin und wenig Oligoklas, reichlich Quarz, sammt Biotit (stellenweise mit Muscovit); von accessorischen Mineralien sehr verbreitet Orthit, ausserdem Zirkon, Apatit, Pyrit, Magnetit etc., dagegen nicht Titanit. Ausser Zirkon kommt wahrscheinlich auch Xenotim als accessorisches Mineral vor. Der Granit führt somit in seiner Masse sowohl Ceritoxyde als Yttererden. Charakteristisch ist es, dass dieser Granitit, soviel ich beobachten konnte, niemals Spuren von Hornblende- oder Pyroxen-Mineralien führt, und somit ein echter Glimmergranit ist. In Norwegen ist dieser Granittypus gewöhnlich als "Fredrikshaldsgranit« oder "Idefjordsgranit« bezeichnet.

Die pegmatitische Ganggefolgschaft dieses charakteristischen kleinkörnigen Granitits entspricht nun auch in ihrer Zusammensetzung dem Hauptgestein, und zwar wahrscheinlich ziemlich genau.

In der ganzen Grenzzone längs der Grenze dieses grossen Granititgebietes in Smålenene und Bohuslän zeichnen sich viele Gänge durch
einen verhältnissmässig grösseren Reichthum an seltneren Mineralien aus. Es sind aus den Gängen dieser Grenzzone bis jetzt ausser
den herrschenden Mineralien (Mikroklinperthit, Albit, Oligoklas,
Andesin, Quarz, Muscovit, Biotit, Chlorit etc.) folgende Mineralien nachgewiesen:

¹ Siehe J. P. Friis I. c.

Wismuthglanz (Sandö, Hvaler; auch andere Stellen; bei Lannem in Degernäs, Rakkestad, auch mit metallischem Wismuth).

Molybdänglanz (in ausgezeichneten Krystallen von Slangsvold in Råde, ferner von Röstad in Svindal, von Hvaler u. a. St.).

Schwefelkies und andere Kiese (Kupferkies, Bleiglanz etc.) ziemlich sparsam.

Titaneisenerz und Magnetit (beide spärlich; bei Fredrikstad auf Kragerö etc.).

Topas (z. Th. in grossen Krystallen; Ånneröd, Halvorsröd etc.).

Orthit (sehr sparsam, und so viel mir bekannt überall nur in kleinen Krystallen).

Gadolinit (nur von der Insel Kragerö bei Fredrikstad bekannt).

Zirkon (und Malakon; namentlich auf der Insel Kragerö bei Fredrikstad mit Xenotim verwachsen, auch mit Euxenit etc.).

Alvit (Cyrtolit); ebendaselbst.

Thorit (?; nicht ganz sicher nachgewiesen, und jedenfalls sehr selten). Mangangranat (an vielen Stellen, z. Th. auch in recht grossen Krystallen, namentlich auf den Beryll führenden Gängen in Råde, aber auch auf den übrigen Gängen, z. B. Elvestad, Karlshus, Halvorsröd, Ånneröd etc.).

Turmalin (?; nicht ganz sicher nachgewiesen 1).

Beryll (an vielen Gängen und bisweilen in grosser Masse; in Krystallen bis zu 300 Kilo schwer gefunden).

Fergusonit (recht häufig im nördlichen Theil des Gebietes, namentlich auf Dillingö; bei Berg in Råde in grösserer Quantität gefunden).

Mossit (an einem einzigen Gang in einer Stufe gefunden; sehr selten). Columbit (sehr allgemein verbreitet auf vielen Gängen, im nördlichen Theil des Gebietes).

Euxenit (nur von der Insel Kragerö bei Fredrikstad).

Samarskit (auf zahlreichen Gängen im nördlichen Theil des Gebietes). Yttrotantalit (nur von zwei Gängen, im nördlichen Theil des Gebietes; selten).

Mikrolith (?; auf Yttrotantalit von Dillingö; sehr selten).

Pyrrhit (?; auf Euxenit von der Insel Kragerö bei Fredrikstad; sehr selten).

¹ Turmalin ist von mehreren Pegmatitgängen in Smålenene (in Askim, auch bei Gjöby in Degernäs (Rakkestad), bei Elletun in Rödenäs etc.) bekannt; dieselben gehören aber kaum zu der Grenzzone des Fredrikshaldsgranits, sondern zu anderen älteren Granitiniektionen.

Thoruranin (Bröggerit, Cleveit von mehreren Gängen, namentlich im nördlichen Theil der Grenzzone; begleitet von verschiedenen sekundären Uranverbindungen, Uranocker etc.).

Apatit (Fluorapatit, ziemlich verbreitet, stellenweise in grossen Krystallen; Karlshus, Halvorsröd, Starengen, Ånneröd etc.).

Monazit (an vielen Gängen, z. Th. in grossen Krystallen).

Xenotim (ebenfalls recht häufig verbreitet, meistens in ganz kleinen Krystallen, häufig mit Zirkon regelmässig verwachsen).

Flussspath (in Masse an einzelnen Gängen; Karlshus, Halvorsröd etc.; an der letzteren Lokalität ist edler, wasserheller Flussspath gefunden).

Parisit (auf dem eben genannten Vorkommen bei Halvorsröd in kleinen Krystallen).

Kalkspath (als sekundäre Bildung, doch ziemlich spärlich).

Diese Mineraliengesellschaft ist nun keineswegs gleichmässig vertheilt über die Gänge der ganzen Grenzzone. Im Gegentheil, einige Theile der Grenzzone sind verhältnissmässig reicher an einer Mineraliengesellschaft der seltneren Species, andere sind an seltneren Mineralienganz arm. So finden sich auf der ganzen inneren (östlichen) Reihe von Feldspathbrüchen und Glimmergruben in Rakkestad angeblich fast nie seltnere Mineralien. Am reichlichsten sind diese, so viel bis jetzt bekannt, namentlich im nördlichen Theil des Gebietes vorhanden, und zeigen hier oft recht charakteristische paragenetische Beziehungen.

Charakteristisch ist für die Mineralienführung dieser Pegmatitganggefolgschaft längs der Grenzzone des nördlichen Theiles des Gebietes, in Rygge, Råde, Våler, erstens das relativ häufige Vorkommen von Monazit und Columbit, sammt für die Gänge auf Dillingö und in Våler von Samarskit; ebenso charakteristisch ist die Armuth an Orthit, Euxenit und Thorit, während Thoruranin häufiger ist.

Charakteristisch für die Pegmatitgänge des Fredrikhaldsgranits ist ferner das fast gänzliche Fehlen des Turmalin und des Titanit, welche nicht mit voller Sicherheit unter den Mineralien dieser Ganggefolgschaft beobachtet sind.

Schon in meiner vorläufigen Darstellung über die Pegmatitgänge bei Moss (l. c. 1881) habe ich zwei Hauptgruppen von granitischen Pegmatitgängen in Smålenene unterschieden: 1) die ordinären Gänge (aus vorherrschendem Mikroklinperthit, viel Quarz und Biotit, nur untergeordnet Oligoklas und Muscovit bestehend, mit den accessorischen Mineralien Mangangranat, Monazit, Apatit, Magnetit, Niobaten und Tantalaten,

Thoruranin etc.) und 2) die Plagioklas-Muscovit-Pegmatite (mit reichlich Oligoklas oder Andesin, sammt Albit zusammen mit Quarz und Muscovit, aber mit untergeordnetem Mikroklinperthit; accessorisch kommt an diesen Gängen namentlich Beryll oft sehr reichlich und in grossen Krystallen vor, oft auch Topas, ferner Flussspath etc.). Beide Ganggruppen sind aber nicht scharf getrennt und gehen vollständig in einander über.

Die Granitpegmatite der Umgrenzung der grossen Granitgebiete des SW-lichen Norwegens.

Schon durch die geologische Aufnahme um die Mitte des vorigen Jahrhunderts durch T. Dahll¹ wurde im SW-lichen Theile des Landes das gewaltige Granitgebiet des »Telemarksgranit« ausgeschieden. Spätere Untersuchungen haben gezeigt, dass hier nicht ein einheitliches Granitgebirge vorliegt², sondern dass ältere Granite (Granitgneise) von den jüngeren, die Telemarks-Formation durchsetzenden, Graniten unterschieden werden müssen. Auch unter den letzteren können verschiedene Typen und Altersstusen auseinander gehalten werden, namentlich ein etwas älterer, grobkörniger, oft verhältnissmässig basischer Typus (häufig flaserig, mit Augenstruktur, stark gepresst, und oft relativ reich an dunklen Mineralien, unter denen auch Hornblende), welcher die grösste Verbreitung hat und bis nach den Fjorden in Hardanger hinüberreicht, und ein jüngster (doch noch dem Grundgebirge angehöriger) Typus, von seinerem Korn, quarzreich und gewöhnlich ein reiner Granitit. Dieser letztere, nicht gepresste Granit entspricht sehr nahe dem Fredrikshaldsgranit; auch dieser hat grosse Verbreitung (z. B. im Törrisdal, NO vom Nisservand etc.).

Da in neuerer Zeit keine geologische Kartenaufnahme in diesem Theil des Landes stattgefunden hat, lassen sich die verschiedenen Granitgebiete in dem gewaltigen Landestheil zwischen dem See Nordsjö und den Fjorden in Stavanger Amt und in S. Bergenhus Amt gegenwärtig nicht näher abgrenzen und auseinanderhalten.

Dass die grosse Masse der Granite in Telemarken und in Kristianssands Stift, wie schon von T. Dahll, Törnebohm etc. nachgewiesen, jünger als die Telemark'sche Quarzitformation ist, dürfte nach meiner

¹ T. Dahll. Dom Telemarkens Geologic. Nyt Mag. f. Naturv. B. 11 (1860).

² Siehe namentlich A. E. Törnebohm. »Nägra notiser från en geologisk resa i Telemarken«. Geol. Fören, i Stockholm Förhandl., B. 11, (1889), S. 46 ff.; namentl. S. 56, 59, 61—62.

Ansicht aus mehreren Gründen als ganz unzweiselhaft angesehen werden können; selbst abgesehen von den längst bekannten Grenzprosilen, welche zeigen, dass Bruchstücke der Gesteine der Telemarksformation längs den Granitgrenzen im Granit eingeschlossen sind, beweist die mit der Graniteruption verknüpste Gangformation der Telemark'schen Kupfererzgänge¹ längs der ganzen N-Grenze des Granitmassives zwischen Saude og Mo evident, dass der Granit jünger ist². Mit diesen gewaltigen jüngeren Graniteruptionen Telemarkens sind ziemlich sicher auch die grössere nund kleineren Granitmassen verknüpst, welche in der Küstenzone zwischen Rognstrand—Frierfjord (Bamle) in NO und der Gegend von Kristiansand in SW zum grossen Theil die jüngere Quarzitsormation dieser Küstenzone (*die Bamlesormation*) durchbrechen.

Die Bamleformation, eine wesentlich von einer mächtigen Quarzitablagerung (mit untergeordneten Schichten von Glimmerschiefer, Gedritschiefer etc.) aufgebaute Formation, ist in der Küstenzone in Bamle, Sanökedal, Skåtö, Gjerrestad, Söndeled, Dybvåg, Holt, Froland, Östre Moland etc. voll von lakkolithischen (durch die spätere Erosion kuppenförmig aufragenden) Injektionen von verschiedenen Gabbrogesteinen (Noriten und Olivinhyperiten) mit begleitenden bankförmig in der Quarzitscrie eingelagerten Amphiboliten und Amphibolitschiefern, sowie von jüngeren Graniten. Die Gabbrogesteine und die Granite sind auch hier, wie es auch anderswo häufig der Fall ist, genetisch nahe verknüpft, die basischen Gesteine als die ältesten melanokraten Glieder, die Granite als die jüngsten leukokraten Endprodukte einer magmatischen Differentiation.

Beide polaren Glieder sind von ihrer besonderen pegmatitischen Ganggefolgschaft begleitet: die Hyperite von den bekannten Apatit führenden Gängen³, welche eine besondere pneumatolytische Gangfacies des basischen Gabbromagmas repräsentiren, die Granite von einer grossartigen Ganggefolgschaft von Granitpegmatitgängen; die letzteren sind wie die Granite selbst in dieser Küstenzone überall die jungsten Eruptionen, welche durch die Quarzite der Bamleformation und die in derselben eingeschalteten Amphibolite (Kragerö, Tåtö etc.),

¹ Siehe namentlich J. H. L. Vogt. Norske ertsforekomster«. Ill. Den Thelemark-Sæterdalske ertsformation«. Arkiv f. Math. & naturv. B. 9, 1884. Hier ist auch die ältere Litteratur erwähnt.

² Dr. H. Reusch hat in einer kleinen Notiz Dom Telemarkens fjeldbygninge (Naturen, B. 27, 1903, S. 1 ff.) die entgegengesetzte Ansicht angedeutet, nach meiner Ansicht ohne Berechtigung.

W. C. Brøgger & H. H. Reusch, →Vorkommen des Apatit in Norwegen« Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1875, S. 646-702.

wie auch durch die Gabbrogesteine (Langö etc.) als unzweiselhaft eruptive Gangmassen durchbrechen.

Diese Pegmatitgangschaarung ist namentlich auf den zahlreichen Inseln der ganzen Küstenzone, und z. Th. auch auf dem Festlande an zahlreichen Stellen durch den Abbau der Gänge für die Feldspathproduktion recht gut aufgeschlossen, in älterer Zeit namentlich in der Gegend zwischen Arendal und Tvedestrand, in neuerer Zeit auch noch mehr in der Umgegend von Kragerö und Risör.

Über die Granitpegmatitgänge dieser Küstenzone liegen schon mehrere ältere Publikationen vor, von Th. Scheerer¹, von D. Forbes und T. Dahll², von Th. Kjerulf und T. Dahll³, von J. P. Friis⁴; ebenso über einzelne Mineralienvorkomnisse dieser Gänge in Abhandlungen von P. C. Weibye, Th. Scheerer, A. E. Nordenskiöld, G. Lindström, W. C. Brøgger, G. Bäckström, G. Flink, W. Pettersson, P. Schei u. a.⁵.

Obwohl die Granitpegmatitgänge der ganzen Grenzzone des Küstengebietes zwischen dem Langesundsfjord und Kristiansand und weiter südwestlich zwischen Kristiansand und Hitterö, sowie auch noch im Sætersdalen (Evje und Iveland etc.) und in Stavanger Amt in mehreren Beziehungen gewisse gemeinschaftliche Züge betreffsihrer Mineraliengesellschaft aufweisen, so zeigen z. Th. auch einzelne Gänge oder einzelne Gebiete gewisse Eigenthümlichkeiten, welche dieselben speciell charakterisiren.

So zeichnen sich z. B. namentlich die Granititpegmatitgänge der ganzen Küstenzone der Umgegend von Kragerö (zwischen dem Langesundsfjord und Risör) durch die ausserordentlich allgemeine Verbreitung des Turmalin (z. Th. auch des Titanit) aus. Nicht nur ist an den meisten Pegmatitgängen selbst in dieser Gegend der Schörl

¹ Th. Scheerer. →Geogn. min. Skizzen samlede paa en Reise i Sommeren 1842«. Nyt. Mag. f. Naturv. B. 4, S. 126 ff., namentlich S. 136, 153—158. — Siehe auch seine Abhandlung über Hitterö (Gæa Norvegica II, 1844 etc.).

² D. Forbes & T. Dahll. Mineralogiske lagttagelser omkring Arendal og Kragerö«. Nyt Mag. f. Naturv. B. 8, 1855, S. 213-229.

T. Dahll. Dom Granitens Optræden i de arendalske Jernleiestedere. Ibid. P. 230-234.

³ Th. Kjerulf & T. Dahll. →Om Jernertsernes Forekomst v. Arendal, Næs og Kragerö«. lbid. S. 293-359; siehe namentlich S. 334, 356 etc.

⁴ J. P. Friis. Feldspat, kvarts og glimmer, deres forekomst og anvendelse i industrien«. Norges geol. unders. årbog f. 1891. S. 50--69.

Die Abhandlungen über die Mineralien dieser Gänge sollen unter den Beschreibungen der einzelnen Mineralspecies erwähnt werden.

ein häufiges Mineral¹, welches auf einer ganzen Reihe von Vorkommnissen (Tangen Feldspathbruch, Kirkeholmen, Lindvikskollen, Kalstadgangen, Havredal (Bamle) etc.) in schönen und z. Th. ungewöhnlich grossen Krystallen auftritt, sondern auch die umgebenden Gesteine (die Amphibolitschiefer, die Quarzite) führen ganz allgemein Turmalin als accessorisches Mineral durch ihre ganze Masse. Auch finden sich eigenthümliche turmalinführende Kugelgranite, welche mit den Pegmatitgängen genetisch innig verknüpft sind, in grosser Verbreitung. Ich werde diese Gesteine in einer besonderen Arbeit über die geologischen Verhältnisse der Umgegend von Kragerö näher beschreiben.

Sonst sind die meisten Pegmatitgänge der Umgegend von Kragerö (in Bamle, Sandökedal, Skåtö; z. B. die Gänge auf Skåtö, Langö, Gomö, Bærö, Risö etc.) verhältnissmässig ziemlich arm an seltneren Mineralien. Eine Ausnahme macht doch ein grosser Gangzug, welcher zwischen dem südwestlichsten Theil der Stadt Kragerö und dem Kammerfosselv ungefähr der Küste parallel streicht, ein Zug von z. Th. sehr mächtigen und langen parallelen Gängen, auf welchen eine Anzahl grössere und kleinere Feldspathbrüche angelegt sind: der grosse »Kalstadgang« (auch der "Sjåengang« genannt), die Fortsetzung desselben am Gipsel von Lindvikskollen und ferner der in naher Beziehung zu diesem Gang stehende grosse Gang bei Tangen am Kammerfosselv. Diese Gänge führen von seltneren Mineralien unter anderen: Hellandit, Phenakit, schöne und interessante Krystalle von Titanit, ausgezeichnete Krystalle (Zwillinge und Drillinge) von Columbit, schöne Drusen von Alvit, ferner Orthit, Euxenit, Thorit, eigenthümlich langprismatische Krystalle von Apatit, riesige Krystalle von Turmalin etc. etc. Die Mineraliengesellschaft dieses Gangzuges ist somit von ungewöhnlichem Interesse und ist ohne nähere Analogie bei den übrigen Gangzügen von Granitpegmatitgängen des Küstengebietes. Auch durch bedeutende Mächtigkeit sind einige dieser Gänge der Kragerögegend bemerkenswerth; so gehört der Kalstadgang, welcher eine sehr bedeutende Feldspathproduktion veranlasst hat, zu den grössten und längsten der überhaupt bekannten granitischen Pegmatitgänge. Die Gänge der Kragerögegend sind überall arm an Beryll und Kaliglimmer.

Schon 1800 von d'Andrada als Aphrizit erwähnt. Spätere Beschreibungen des Turmalin von Kragerö namentlich bei G. Rose (Berl. Acad. 1838), welcher Vorkommnisse von Nedre Havredal in Bamle, ferner von Arendals etc. erwähnt. Siehe auch P. C. Weibye (Neues Jahrb. f. Min. 1846, S. 290). P. Groth (Min. Samml. d. Univ. Strassburg, 1878, S. 91) etc.

Pegmatitische Gangzüge, welche sich durch ihre Paragenesis — namentlich Reichthum an Turmalin, Yttrotitanit etc. (auch Orthit, Beryll etc.) — den Gängen der Kragerögegend nahe anschliessen, sind auch aus einer anderen Gegend des südlichen Norwegens bekannt, nämlich von Snarum und Modum, SW vom Tyrifjord, im inneren Theil des Landes; die Vorkommen der schönen Turmalinkrystalle von Ramfos (schwarzer Schörl) in Snarum¹, von Sætersberget bei Fossum in Modum (mit Beryll, Topas, Granat etc.²), Skutterud, Modum (brauner Turmalin) etc., sowie des Yttrotitanit von Ramfos und Skutterud etc. sind denjenigen der Kragerögegend vollkommen analog. Diese Pegmatitgänge schliessen sich an Granitmassive, welche wie diejenige der Kragerögegend durch die quarzitische »Bamleformation« aufsetzen und höchst wahrscheinlich mit denjenigen der Küstenstrecke Langesund-Arendal von gleichem Alter sind.

Die Granitpegmatitgänge der Küstenstrecke Risör-Tvedestrand-Arendal sind zum grossen Theil recht einförmig in ihrer Mineralienführung, obwohl auch hier, wie sonst gewöhnlich, einige Gänge oder Gangzüge das eine oder das andere Mineral in hervortretender Menge führen können.

Die Gänge sind über diese ganze Strecke ganz vorherrschend durch Mikroklinpertit und Quarz mit Biotit als Hauptmineralien charakterisirt, während die Beryll (und Topas) führenden, an Muscovit reicheren Gänge meiner Erfahrung nach hier spärlicher auftreten.

Von etwas grösseren oder interessanteren Gangvorkommen, welche meistens auf Feldspath und Quarz oder auf anderen Mineralien in grösserer oder kleinerer Ausdehnung abgebaut worden sind, können von diesem Theil der Küstenzone die folgenden erwähnt werden³.

Aus der Umgegend von Risör4:

Auf der Insel Risö (gerade östlich von der Dampfschiffsbrücke der Stadt Risör) findet sich ein grösserer, seit vielen Jahren nicht abgebauter Feldspathbruch (mit Turmalin, Thorit, Titaneisen, Xenotim etc.). Bei

¹ Siehe schon die Beschreibung von G. Rose (Sitzber, d. Berl. Acad. 1838). Später genauer untersucht von W. Ramsay (Bihang t. Sv. Vet. Akad. Handl. Stockholm 1886, B. 12, II, S. 1).

² Th. Scheerer. Poggend. Ann. 1840, B. 49, S. 533.

³ Eine grössere Auzahl derselben habe ich selbst besucht; andere sind nach der älteren und neueren Litteratur (namentlich nach den Aufgaben von Prof. A. Helland, »Nedenes Amt«, I, S. 358 fl.) angeführt; einige Lokalitäten sind nach Aufgaben von Mineraliensammlern, welche Mineralien an die Universität verkauft haben, mitgetheilt.

¹ Die folgenden Erläuterungen über die Feldspathbrüche der Umgegend von Risör sind mir gütigst von Herrn Herman Jensen in Risör mitgetheilt.

Husås (Kirchspiel Söndeled) wurde ebenfalls früher auf Feldspath getrieben, der Gang war aber so reich an Turmalin, dass der Abbau nicht lohnenswerth war; auch Monazit wurde an diesem Gang gefunden. Bei Lindstöl (in Söndeled) wurden auch einige Hundert Tons Feldspath und einige Tausend Tons Quarz gewonnen; auch die Ramskjær-Grube wurde wesentlich auf Quarz abgebaut (von seltneren Mineralien: Columbit, Euxenit, Thorit, Xenotim, Beryll etc.), ebenso aus der Ranvik-Grube (hier gediegenes Gold, Wismuth, Monazit, Gadolinit, Euxenit, Samarskit, Fergusonit etc.).

Charakteristisch für die Granitpegmatitgänge der Umgegend von Risör ist es angeblich, dass sie sehr quarzreich sind und bisweilen in Gänge, die ganz vorherrschend aus Quarz bestehen, übergehen; Turmalin ist hier, wie bei Kragerö, häufig. Bedeutendere Feldspathbrüche sind deshalb in dieser Gegend nicht vorhanden, obwohl kleinere Pegmatitgänge allgemein sind. Bei Gryting (in Gjerrestad) soll doch neuerdings ein mächtiger, feldspathreicher Pegmatitgang entdeckt worden sein.

Aus der Umgegend von Tvedestrand und zwischen Tvedestrand und Arendal:

Im Kirchspiel Dybvåg: Auf den Inseln Askerön an mehreren Stellen, ferner auf der Insel Sandö (hier bei Sandökilen und bei Haven); die Gänge dieser Inseln sind aus alter Zeit als Fundorte für grosse Krystalle von Yttrotitanit und yttriumhaltigem Titanit bekannt. Forbes und Dahll fanden auf Askerön grosse schöne Krystalle von Yttrotitanit, mehr als 2¹/4 Kilo schwer; später sind auf Sandö Krystallbruchstücke mehr als 10 Kilo schwer gefunden.

In Holt Kirchspiel ist Feldspath gebrochen: in der Holt Grube (wenigstens 30 M. tief, recht bedeutender Gang); bei Skåland am S-Ende des Ånbuvand (mit Thorit, Orthit, Apatit, Molybdänglanz, Apatit etc.); Landvik Grube, ein grosser bis 10 M. mächtiger Gang mit Orthit, Thorit, Yttrotitanit, Apatit etc. (hat nach Helland viele Tausend Tons Feldspath und vielleicht 200-300 Kilo Thorit geliefert) Båseland Grube (1/2 Km. NW. von Landvik) hat nach Helland ebenfalls Thorit, sammt Monazit, Columbit, Monazit, Magnetit etc. geliefert: ebenso wird Monazit aus Skrattereid Grube erwähnt. Ferner ist in Holt Kirchspiel nach Feldspath abgebaut in Lambö (Kjenaua) Feldspathbruch, nahe bei der Holt Grube; ein naheliegender grosser Gang führte u. a. Magnetkies, in dem Feldspath so reichlich eingesprengt, dass derselbe dadurch unbrauchbar wurde. (Ähnliche Verunreinigung mit Schwefelkies ist von mehreren Stellen, z. B. von Gurrud Grube bei Askim Bahnhof in Smålenene bekannt). — Endlich ist in Holt Kirchspiel auch bei Flaten, ferner

auf dem Grundstück des Hofes Tveit in Melåsen, und in Auselheia beim Hofe Ausel (hier u a. Ilmenorutil, Orthit, Xenotim, Monazit, Orangit, Thoruranin etc.), bei Svåne (1—2 Km. N von Næs Eisenwerk; hier Thoruranin etc.) etc. nach Feldspath abgebaut.

Im Kirchspiel Östre Moland sind ebenfalls mehrere Feldspathbrüche getrieben, welche sich dem grossen Gangzug in Holt nahe anschliessen; so die grosse Fjelds-Grube, ein grosser Tagebruch ca. 70-80 M. lang, 15 M. breit und bis 9 M. tief (Friis); die Grube hat mehrere Tausend Tons Feldspath, ausserdem viel Thorit geliefert. Andere Gänge sind bei Dalen, bei Haslestad, bei Landbö, Voje etc. abgebaut.

Eine Reihe grösserer Feldspathbrüche und Felds, athgruben findet sich längs der grossen Fahrstrasse Tromösund und in der Nähe derselben, theils auf dem Festlande, theils auf den Inseln. So liegt hier an der Insel Flosta die grosse Narestö-Feldspathgrube, die älteste Feldspathgrube Norwegens (geöffnet ca. 1792), ein bedeutender Gang ca. 70 bis 100 M. lang, und fast ebenso breit. In der Nähe liegt auf dem Festlande (im Holt Kirchspiel) ein anderes wohl ebenso bedeutendes Vorkommen, Garta Feldspathgrube, und (ebenfalls in Holt) etwas weiter SW-lich auf der Insel Buö die Buö-Grube, ebenfalls eine sehr alte und früher bedeutende Feldspathgrube. Weiter westlich liegt am Næskilen auf dem Festlande (in Östre Moland) die Helle-Grube und nahe dabei die ebenfalls alte Mörefjær-Feldspathgrube. Noch weiter SW bei Salteröd, bei Röstöl etc. sind auf dem Festlande grössere und kleinere Feldspathgruben getrieben. — Auf der grossen Insel Tromö wurde schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ebenfalls eine Anzahl Granitpegmatitgänge abgebaut, so namentlich bei Alve, bei Alvelandskilen, bei Lofstad, bei Hampemyr, ferner auf einer kleinen Insel bei Bjelland (auf der SO-Seite von Tromö; hier Thorit etc.).

Mehrere dieser Gänge sind verhältnissmässig reich an seltneren Mineralien, so namentlich Garta und Narestö. So wurden z. B. bei Narestö zu Zeiten grosse Massen von dunkelbraunem Monazit, in z. Th. sehr grossen Krystallen gefunden i; ferner bei Garta in den 80-er Jahren grosse Massen von Xenotim in radialstrahligen, oft faustgrossen Aggregaten. Orthit wurde an vielen dieser Gänge in Masse und bisweilen in riesigen (bis 50—100 Kilo schweren) Krystallen gefunden (z. B. bei Helle und Mörefjær). Der als Cleveit bezeichnete zersetzte Thor-

¹ Zuerst unter dem Namen Urdit beschrieben von Forbes & Dahll I. c. Siehe auch W. C. Br. Geol. Fören. i Stockh. Förbandl., B. 5, S. 351.

uranin wurde zuerst von Garta beschrieben¹, ebenso wurde der für die granitischen Pegmatitgänge charakteristische Uranothorit² zuerst beschrieben von Sansvik und von Garta bei Arendal. Ebenfalls wurde von Garta beschrieben der sogenannte Yttrogummit und Uranophan³. Der Fergusonit wurde auch von norwegischen Vorkommen zuerst erkannt aus diesen Gängen⁴, ebenso der Alvit. Ebenso wurde der deutlich krystallisirte Euxenit zuerst (von Weibye) von Gängen dieser Gegend gefunden und durch Scheerer beschrieben. Anthracit (Bergpech) wurde von Garta von Prof. A. Helland beschrieben⁵ etc.

Auffallend häufig und an einzelnen Gängen in relativ bedeutender Quantität sind von diesen seltneren Mineralien auf der Strecke Risör-Arendal namentlich bekannt:

Orthit, Thorit, Alvit, Fergusonit, Euxenit, Yttrotitanit, Monazit, Xenotim, Apatit; seltener bis sehr selten sind auch gefunden: Blomstrandin (Salterö etc.), Yttrotantalit, Samarskit, Columbit, Thoruranin, Gadolinit⁶ etc.

Auffallend spärlich ist Beryll und Topas auf den Gängen dieser Strecke vorgekommen. Turmalin ist zwar von mehreren Vorkommen hier bekannt⁷, aber jedenfalls hier spärlich verbreitet im Vergleich mit dem Verhältniss auf den Granitpegmatitgängen der Umgegend von Kragerö.

Die charakteristische Mineraliengesellschaft der Pegmatitgänge auf der Küstenstrecke zwischen Risör und Arendal findet sich mit ziemlich nahe demselben Charakter auch auf den Granitpegmatitgängen der Strecke Grimstad-Kristiansand wieder; da die Feldspathproduktion auf diesem Theil der Küste gering gewesen ist, ist die Paragenesis dieser Vorkommnisse bis jetzt wenig untersucht. Das Vorkommen von Mineralien wie Gadolinit, (Malö bei Grimstad), Columbit (Umgegend von Kristiansand) etc. beweist, dass auch diese Gänge ungefähr die gewöhnliche Mineraliengesellschaft der Pegmatitgänge der Südküste führen.

Eine Anzahl Feldspathbrüche sind doch in den späteren Jahren aufgenommen, so z. B. im Kirchspiel Randösund (O. von Kristiansand),

¹ A. E. Nordenskiöld. » Mineralogiska bidrag«, 5. Geol. Fören. i Stockh. Förh. B. 4, S. 28 (1878).

² A. E. Nordenskiöld, Ibid. B. 3, S. 226.

³ A. E. Nordenskiöld. Ibid. B. 7, S. 121.

⁴ Von Forbes & Dahll unter dem Namen Tyrit und Bragit beschrieben, 1. c. S. 227.

A. Helland. Geol. Fören, i Stockh. Förhandl. B. 2, S. 518 etc.

⁶ Scheerer hat Gadolinit von Hancholmen bei Tvedestrand erwähnt.

⁷ Schon von G. Rose (1838) l. c. beschrieben und abgebildet.

im Kirchspiel Oddernæs (bei Södal, Mövig, Mosby etc.), ferner (N. von Kristiansand) im Kirchspiel Övrebö (bei Fjellestad, Histöl, Loland etc.).

Gewissermaassen eine Fortsetzung der Vorkommnisse nördlich von Kristiansand in Övrebö Kirchspiel etc. bilden die zahlreichen pegmatitischen Granitgangzüge weiter nördlich in grösserer Entfernung von der Küste in den Kirchspielen Iveland und Evje im Sætersdal (in Nedenes Amt). Es ist hier in den letzteren Jahren infolge der Anlage der Eisenbahn von Kristiansand nach Byglandsfjord eine grosse Anzahl z. Th. ganz bedeutender Feldspathbrüche aufgenommen 1. Diese Vorkommnisse wurden auf meine Veranlassung im Jahre 1903 von Amanuensis P. Schei und Cand. min. C. Hornemann, 1905 wieder von C Hornemann, 1906 von Amanuensis Jac. Schetelig untersucht. Ich verdanke denselben das folgende Verzeichniss².

In Iveland sind grössere Feldspathgruben abgebaut worden bei Vådne, bei Lid, bei Korbuland, bei Håvårstad und bei Frikstad; an mehreren dieser Lokalitäten ist eine Anzahl verschiedener Brüche, so sind bei Frikstad ca. 10 kleinere Feldspathbrüche getrieben; bei Hiltveit, Katterås, Tortveit, Tveit, bei Mölland, bei Birkeland, serner mehrere Brüche am See Estevand (Håvas Feldspathbruch etc.). (Auch östlich von Estevand sind mehrere Brüche, so bei Gjerrustad und Vatne im Veigusdal Kirchspiel).

In Evje sind grössere Feldspathgruben abgebaut bei Landsværk, wo jetzt wohl ca. 15000 Tons ausgetrieben sind, ferner bei Ås, Åmland (Björnekra) und Högtveit (wenigstens 5000 Tons hier gebrochen). Kleinere Feldspathbrüche sind getrieben bei: Lundekleven, Haugen, Åndland, Smedlia, Skjæggestad, Lauvland (Skavdalen), Galteland, Åvitsland, Austerhus, Lauvås, Gautestad etc.

Viele dieser Granitpegmatitgänge in Sætersdalen sind verhältnissmässig reich an seltneren Mineralien gewesen; wie gewöhnlich ist aber die Mineralienführung nicht nur der verschiedenen Gänge, sondern eines und desselben Ganges sehr ungleichmässig vertheilt.

Einige der Gänge sind reich an Beryll und z. Th. auch an Topas³.

¹ Es wurden über Kristiansand (beinahe ausschliesslich von Sætersdalen) exportirt:

1901 1902 1903 1904

Feldspath ca. 6400 tons 8 00 tons 8500 tons 7000 tons.

² Siehe auch die Mittheilung von P. Schei in Helland's »Nedenes Amt« S. 360. Selbst habe ich nur ein Paar der Vorkommnisse in Evje besucht.

³ Ein gewaltiger Krystall von Topas, ca. 60 Kilo schwer, ca. 48 cm. lang, 33 cm. breit, 20 cm. dick ist von einem dieser Gänge nach »British Museum« gekommen.

Andere haben in grösserer Menge die verschiedenen Phosphate (Apatit, Monazit, Xenotim), Cerium- und Yttrium-Silikate (Orthit und Gadolinit, z. Th. in grosser Masse¹), Zirkon, (Malakon), Titanate und Titanoniobate (Ilmenorutil, Columbit, Euxenit, Polykras, Blomstrandin, Fergusonit, Samarskit), Uran- und Thorium-Mineralien (Thoruranin, Thorit, Alvit etc.) geliefert.

Die Granitpegmatitgänge Sætersdalens wurden schon 1845 von Th. Scheerer² ganz kurz erwähnt; er rechnet hier u. a. Gadolinit, Orthit, Titanit, Polykras (?), Apatit, Magnetit, Eisenglanz und Kupferkies unter den Gangmineralien auf.

Weiter nördlich in Sætersdalen, auf der Gebirgsstrecke Strömsheien (zwischen Valle und dem Fyrris-See) untersuchte Scheerer die Kupfererzvorkommnisse der hier abgebauten Gruben und entdeckte hier unzweiselhaft auf Granitpegmatitgängen eine Mineraliengesellschaft von Feldspath, Quarz (ausgezeichneter Schriftgranit wurde beobachtet) und Muscovit mit Beryll, Mangangranat (wie immer in rothbraunen Ikositetraëdern), Apatit, Thoruranin (und Uranocker), Magnetit und ausserdem Kupfererzen: Kupferglanz und sparsamer Buntkupfererz sammt "Kieselmalachit". Nach Scheerer's Darstellung sollten die Kupfererze hier auf den pegmatitischen Granitgängen selbst austreten. Ob dies richtig ausgesast ist, muss dahin stehen; sicher ist es auch nach den neueren Untersuchungen der Kupfererzvorkommen in Telemarken-Sætersdalen durch J. H. L. Vogt⁸, dass die Kupfererze hier mit den Graniteruptionen und namentlich mit den Granitgängen nahe verknüpft sind.

Den Pegmatitgangzügen Sætersdalens schliessen sich diejenigen der Küstenstrecke westlich von Kristiansand, auf der Strecke Kristiansand-Mandal-Farsund-Flekkefjord (Hitterö) bis Heskestad in Stavanger Amt, in ihrer ganzen Mineralienführung sehr nahe an. Berühmt sind aus dieser Gegend namentlich durch Th. Scheerer's Beschreibung die in Norit aufsetzenden Gänge von Hitterö (bei Flekketjord). Es sind von diesen Gängen zuerst beschrieben: Polykras (Scheerer) (Urstad, Rasvåg, Hitterö), Kainosit Blomstrandin (W. C. Br.), Xenotim (Tank,

¹ An einem einzigen Gang wurden von Gadolinit 1905—1906 ca. 600 Kilo ausgenommen.

² Nyt Mag. f. Naturv. B. 4, S. 418.

³ Arch. f. Math. & Naturv. B. 9, 1884.

⁴ Th. Scheerer. •Über den Norit und die auf der Insel Hitteröe in dieser Gebirgsart vorkommenden mineralienreichen Granitgänges. In •Gæa Norvegicas, P. 313 ff. (Kristiania 1844).

⁵ A. E. Nordenskiöld. Mineralogiska bidrag«. 9. Kainosit, et nyt mineral från Hitterö i Norge«. Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. B. 8, S. 143 (1886).

Berzelius), Malakon (Scheerer), und auch eine Anzahl andere Mineralien sind auf diesen Gängen ausgezeichnet repräsentirt, wie Gadolinit, Orthit u. a.

Die übrigen Vorkommen der Küstenstrecke zwischen Mandal und Ryfylke sind übrigens z. Th. ebenso interessant in mineralogischer Beziehung als die Gänge von Hitterö; es sind z. B. die Gänge bei Svinör und in Spangereid (Eitland, Linland etc.), sowie im Kirchspiel Spind (Lyngsvåg, Ersåger, Bugdö) etc., ja selbst im Kirchspiel Heskestad (Ollestad Feldspathbruch an der Bahn zwischen Flekkefjord und Ekersund), im Kirchspiel Lund (Moi Feldspathbruch) und im Kirchspiel Helleland z. Th. ungewöhnlich reich an Euxenit (namentlich Eitland), Thorit (namentlich Svinör und Linland), Gadolinit, Xenotim etc. Die von Hitterö bekannte Paragenesis: Polykras (oder Euxenit, Blomstrandin), Gadolinit, Xenotim und Monazit, Malakon (und Alvit) findet sich auch an mehreren anderen Gängen dieser Küstenstrecke (sowie auch in Iveland in Sætersdalen) wieder und deutet somit eine nahe genetische Beziehung dieser ganzen Pegmatitschaarung an. In genetischer Beziehung verdient hier namentlich daran erinnert zu werden, dass die Pegmatitgangzüge, welche die grossen Granitgebiete im SW-lichen Theile des Landes, ob sie durch Quarzit (Kragerö, Bamle etc.), Amphibolit, Amphibolitschiefer (Kragerö, Bamle, Skåtö, Bærö etc.), Hyperit (Langö bei Kragerö etc.), Norit (Hitterö) oder Granit (und ältere Granitschiefer, an vielen Stellen) aufsetzen, überall ungefähr dieselbe Paragenesis, dieselbe Mineraliengesellschaft ausweisen, ein Beweis instar omnium, dass ihre Substanz von einer gemeinsamen Quelle, von dem Granitmagma des Granitgebietes, an dessen Grenzzone sie gebunden sind, stammen muss. Dass sie auch sonst in der Art ihres Austretens in allen Beziehungen sich als durchsetzende Eruptivgänge verhalten, ist durch zahlreiche typische Beispiele (die besten wohl in der Kragerögegend und z. Th. auf Hitterö) evident bewiesen, und ist eine allen norwegischen Geologen so wohl bekannte Thatsache, dass ich es jetzt für gänzlich überflüssig halten darf, das im Laufe der Jahre gesammelte Beweismaterial derselben vorzulegen.

Auch längs den Granitmassiven, welche an die Fjorde der Westküste des Landes, in Ryfylke, Hardanger, Söndhordland angrenzen, sind an mehreren Stellen genau entsprechende pegmatitische Gangzüge bekannt; Mineralien wie Thoruranin, Euxenit und Samarskit sind auch aus diesen Gängen erhalten.

Eine besondere Mineraliengesellschaft, welche sich derjenigen der pegmatitischen Gangzüge im SW-lichen Theile des Landes jedenfalls nahe anschliesst, ist diejenige der quarzreichen Gänge mit Molybdänglanz und Wolfram (Knaben Grube und mehrere naheliegende Gruben in Fjotland oberhalb Flekkefjord, ferner Örsdal in Birkrem Kirchspiel oberhalb Ekersund etc.). —

Im Ganzen sind aus den granitischen Pegmatitgängen der Umgebung der Granitgebiete im SW-lichen Norwegen (Küstzone Rognstrand bis Kragerö und Risör; Küstzone Risör-Tvedestrand-Arendal-Grimstad-Kristiansand-Flekkefjord; Sætersdalen; Stavanger- und S. Bergenshus Amt) ausser den gewöhnlichen Hauptmineralien der Gänge (Mikroklinperthit, Albit, Oligoklas, Andesin, Quarz, Muscovit und Biotit etc.) auch noch folgende Mineralien bekannt:

Wismuthglanz (mit Wismuth und Gold).

Molybdänglanz (an vielen Stellen in geringer Quantität; in Kvinnesdal, Siredal und Birkrem reichlich).

Schwefelkies und andere Kiese (Magnetkies, Bleiglanz, Kupferkies etc; Kupferglanz (?) und Buntkupfererz (?)).

Titaneisenerz, Eisenglanz und Magnetit, alle gewöhnlich sparsam. Topas (in grossen Krystallen in Sætersdalen).

Orthit (reichlich an vielen Gängen bei Arendal, auch auf Hitterö etc.). Gadolinit (ziemlich häufig und z. Th. in grösserer Quantität an mehreren Gängen im SW-lichen Theil des Gebietes; Ranvik bei Risör, Haneholmen bei Tvedestrand, Malö bei Grimstad, Hitterö. Heskestad, Iveland und Evje).

Hellandit (nur bei Kragerö gefunden).

Kainosit (nur auf Hitterö gefunden).

Phenakit (nur von Gängen bei Kragerö).

Zirkon (Malakon, etc.; sehr verbreitet an vielen Gängen mit Fergusonit, Xenotim etc.).

Alvit (Cyrtolith, sehr allgemein verbreitet an vielen Gängen bei Kragerö, Arendal, in Sætersdalen).

Thorit (Uranothorit) und Orangit (Kragerö spärlich; Fjeld-Grube, Skåland, Landvik, Båseland etc., Garta, Narestö, Bjelland etc. bei Tvedestrand und Arendal reichlicher, Spangereid, Lindesnæs, Svinör etc., Sætersdalen).

Ilmenorutil (Tvedestrand, Evie, Iveland).

Mangangranat; an vielen Gängen häufig.

Turmalin (ganz allgemein und reichlich in der Gegend von Kragerö und Risör, auch bei Arendal, sonst sparsam).

Beryll (Arendal, Lindesnæs, Sætersdalen, hier reichlich an einzelnen Gängen).

Titanit und Yttrotitanit (häufig und in ausgezeichneten Vorkommnissen, Kragerö, Risör, Tvedestrand-Arendal).

Fergusonit (häufig sowohl bei Arendal, als in Sætersdalen).

Columbit (sparsam verbreitet; Kragerö, Risör, Arendal, Hitterö, Sæters-

Euxenit (aus zahlreichen Vorkommen und z. Th. in Masse, namentlich bei Arendal und bei Lindesnæs, z. Th. auch in Sætersdalen).

Polykras (aus einer Anzahl Gänge, namentlich auf Hitterö, z. Th. auch in Sætersdalen).

Blomstrandin (reichlich auf Hitterö, sparsam bei Arendal und in Sætersdalen).

Samarskit (sehr selten und sparsam, Kragerö (?), Risör (?), von einem Vorkommen in Sætersdalen).

Yttrotantalit (nicht sicher bekannt; ein Krystallbruchstück, welches diesem Mineral gehört von Helle bei Arendal).

Wolfram (vielleicht aus Pegmatitgang; Örsdal, Birkrem).

Thoruranin (Bröggerit, Cleveit, von verschiedenen Gängen zwischen Tvedestrand und Arendal, sowie auch in Sætersdalen; begleitet von sekundären Mineralien Uranophan (Uransilikat), Uranogummit, Yttrogummit, Thorogummit etc. Uranocker etc.).

Apatit (Fluorapatit, allgemein verbreitet, Kragerö, Risör, Arendal, Hitterö, Sætersdalen).

Monazit (an vielen Gängen z. Th. in sehr grossen Krystallen, Risör, Tvedestrand, Arendal, Lister, Hitterö, Sætersdalen).

Xenotim (auf verschiedenen Gängen zwischen Tvedestrand und Arendal in grosser Masse, auch allgemein Hitterö und Sætersdalen).

Flussspath (sparsam, Arendal etc.).

Tengerit (?) (Kragerö, sekundäre Bildung auf Hellandit).

Kohlenblende (Bergpech; Arendal, auf mehreren Gängen).

Die Pegmatitgänge des SW-lichen Norwegens unterscheiden sich somit in einzelnen Beziehungen betreffs ihrer Mineraliengesellschaft bemerkenswerth von den Pegmatitgängen aus dem Gebiet östlich vom Kristianiafjord. So sind die in dem letzten Gebiet sehr verbreiteten

Mineralien Columbit und Samarskit (mit Yttrotantalit und Mossit) sehr sparsam vorhanden, während umgekehrt die Mineralien Orthit, Gadolinit, Euxenit, Polykras, Blomstrandin, Thorit, die in dem östlichen Gebiet vollständig oder so gut wie vollständig fehlen, in dem südwestlichen Gebiet sehr verbreitet sind.

Mossit, Mikrolith, Pyrrhit, Yttrotantalit, Parisit sind mit voller Sicherheit nur aus dem östlichen Gebiet, Hellandit, Kainosit, Phenakit, Ilmenorutil, Titanit und Yttrotitanit, Polykras, Blomstrandin, Wolfram, Tengerit, Kohlenblende, nur aus dem südwestlichen Gebiet bekannt.

Auch das SW-liche Gebiet zeigt, wie schon oben erwähnt, keine einheitliche Beschaffenheit in der Mineraliengesellschaft, namentlich nicht was die seltneren Mineralien betrifft.

In beiden Hauptgebieten können wir, was die Paragenesis namentlich der seltneren Mineralien betrifft, eine Reihe verschiedener Gangtypen unterscheiden:

- Die gewöhnlichen Granitpegmatitgänge (mit Mikroklinperthit, Quarz und Biotit, meistens chloritisirt, als primäre Hauptmineralien).
 Diese umfassen wieder, was die Mineraliengesellschaft der seltneren Mineralien betrifft, mehrere Untertypen:
 - a) Columbit und Samarskit, mit Monazit häufig; die Gänge im oberen Theil des Gebietes östlich vom Kristianiafjord;
 - b) Euxenit (Polykras, Blomstrandin) mit Gadolinit, Orthit, Yttrotitanit, Thorit, Xenotim etc. häufig; Gänge auf der Strecke Tvedestrand-Arendal, Lister (Hitterö), Sætersdalen und Stavanger Amt.
- 2. Die Turmalingranitpegmatitgänge, mit Turmalin mehr oder weniger reichlich; besonders für die Umgegend von Kragerö (Bamle, Sanökedal, Skåtö etc.) und Risör (Söndeled) sammt für Snarum (und Modum) charakteristisch.
- 3. Die muscovitreichen Granitpegmatitgänge (ausser Mikroklinperthit saure Plagioklase, Albit, Oligoklas, Andesin, reichlich, Quarz und Muscovit reichlich, sammt oft ganz untergeordnet oder gar nicht Biotit); diese Gänge sind gewöhnlich reich an Beryll, häufig auch an Topas, Flussspath etc. Gänge von diesem Typus sind an mehreren

Stellen in Smålenene (Ånneröd, Fuglevik, Halvorsröd), auch auf Modum, dann auch, obwohl selten, auf der SW-Küste (Lister), aber auch in Sætersdalen etc. vertreten.

Wie schon oben erwähnt, sind diese verschiedenen Gangtypen von granitischen Pegmatitgängen gar nicht scharf getrennt, sondern sind durch alle Übergänge verbunden.

Es verdient noch zum Unterschied von verschiedenen, aus anderen Gegenden der Welt bekannten granitpegmatitischen Gangtypen hervorgehoben zu werden, dass bis jetzt auf keinem einzigen südnorwegischen Vorkommen die Mineraliengesellschaft der lithiumreichen Pegmatitgänge nachgewiesen ist; Mineralien wie Spodumen (Eukryptit), Petalit (Castor), Pollux, Lithionglimmer (Lepidolit, Zinnwaldit), Lithionturmalin, Amblygonit, Triphyllin (Lithiophilit) (ebenso wie der begleitende Natrophilit, Triploidit, Triplit, Eosphorit, Dickinsonit und andere Manganphosphate) sammt Zinnstein etc. sind nicht an einem einzigen Pegmatitgang des südlichen Norwegens nachgewiesen. Die gehören eben einem Granitpegmatittypus an, welcher hier gar nicht vertreten ist. Ebenso sehlt hier auch der sehr fluorreiche Ivigtuttypus (mit der Kryolith-Gesellschaft) 1.

Im Ganzen sind bis jetzt von den granitischen Pegmatitgängen des südlichen Norwegens somit folgende Mineralien bekannt:

A. Primäre Gangmineralien.

- a. Wesentliche, primäre Gangmineralien.
- 1. Biotit.
- 2. Muscovit.
- 3. Mikroklin (Mikroklinperthit).
- 4. Albit.
- 5. Oligoklas und Andesin.
- 6. Quarz.

¹ Eine Reihe anderer Mineralien, welche auf den südnorwegischen Pegmatitgängen bis jetzt nicht entdeckt worden sind, kann man dagegen vielleicht erwarten hier noch zu finden, z. B. Tysonit, Yttrocerit, Fluocerit, Bastnäsit, Lanthanit, Bertrandit, Jeremejewit, Rhodizit, Beryllonit, Herderit, Thorianit, Thalenit, Rowlandit, Yttrialith etc. etc.

b. Accessorische primäre Gangmineralien

- (z gr. Th. unter Mitwirkung pneumatolytischer Agentien (Fluor, Bor) gebildet).
- 7. Magnetit.
- 8. Thoruranin (Cleveit, Bröggerit).
- 9. Apatit.
- 10. Mikrolith (?).
- 11. Pyrrhit (?).
- 12. Fergusonit.
- 13. Xenotim (Ytterspath).
- 14. Monazit.
- 15. Zirkon (Malakon etc).
- 16. Alvit (Cyrtolith etc.).
- 17. Uranothorit (Thorit) und Orangit.
- 18. Ilmenorutil.
- 19. Mossit.
- 20. Ilmenit (Titaneisenerz).
- 21. Hämatit (Eisenglanz).
- 22. Columbit.
- 23. Euxenit.
- 24. Polykras.
- 25. Blomstrandin (und Priorit?).
- 26. Wolframit.
- 27. Samarskit.
- 28. Yttrotantalit.
- 20. Keilhauit (Yttrotitanit) und yttriumhaltiger Titanit.
- 30. Spessartin (Mangangranat).
- 31. Topas.
- 32. Hellandit.
- 33. Kainosit.
- 34. Gadolinit.
- 35. Orthit.

- 36. Phenakit.
- 37. Beryll.
- 38. Turmalin.

c. Wesentlich Mineralien der pneumatolytischen Phase.

- 39. Bismutit (Wismuthglanz) mit metallischem Wismuth und Gold.
- 40. Molybdanit (Molybdanglanz).
- 41. Sphalerit (Zinkblende).
- 42. Pyrrhotin (Magnetkies).
- 43. Pyrit (Schwefelkies).
- 44. Chalkopyrit (Kupferkies).
- 45. Bornit (Buntkupfererz).
- 46. Fluorit (Flussspath).
- 47. Parisit.

B. Sekundäre Gangmineralien.

- 48. Epidot.
- 49. Chlorite.
- 50. Kaolin,
- 51. Uranophan, Gummit, Yttrogummit etc.
- 52. Calcit (Kalkspath).
- 53. Tengerit.
- 54. Molybdit (Molybdänocker).
- 55. Tungstit (Wolframocker).
- 56. Kohlenblende (Bergpech).

Diese Mineralien werden im Folgenden nicht in der hier angeführten Reihenfolge beschrieben, sondern in einer mehr zufälligen Gruppirung. Aus oben angeführten Gründen sollen zuerst die Titanate, Niobate, Tantalate und Titanoniobate beschrieben werden. Demnächst hoffe ich die accessorischen Silikate, und schliesslich die übrigen Mineralien zu bearbeiten.



Bemerkungen über die einzelnen Mineralspecies der südnorwegischen granitischen Pegmatitgänge.

I. Niobate, Tantalate, Titanate und Titanoniobate.



Fergusonit, Haidinger.

Der Fergusonit wurde, wie bekannt, zuerst von Giesecke (1806) bei Kangek auf der Insel Semersok, im Julianehåb-District, Grönland, entdeckt; er kommt hier auch in mehreren anderen naheliegenden Lokalitäten auf Gängen von Granitpegmatit vor.

In Norwegen wurde das Mineral 1855 von D. Forbes und T. Dahll entdeckt und zuerst unter den Namen Tyrit und Bragit beschrieben¹; diese Mineralien wurden bald nachher als Fergusonit erkannt, und dann (1871) von Rammelsberg analysirt², wodurch auch die chemische Identität mit dem Fergusonit Haidinger's erkannt wurde.

1881 entdeckte ich das Vorkommen des Minerals auf den Pegmatitgängen in Smålenene, und 1905 beschrieb P. Scheiß ein Vorkommen aus dem Sætersdal (entdeckt von ihm 1903).

Südnorwegische Vorkommnisse von Fergusonit.

1—4. In der Nähe von Moss auf der Insel Dillingö in Vansjö entdeckte ich 1881 zwei Vorkommnisse von Fergusonit; er kam hier zuerst auf einem Pegmatitgang (Dobbelthullet genannt) mit Monazit zusammen vor, in ziemlich kleinen spitzen Krystallen mit vorherrschenden Flächen von |231|, und ausserdem am Ende |001| und |111|. Auch auf einem zweiten Vorkommen (ohne Namen) auf der Insel Dillingö kam er in kleinen Krystallen mit Monazit zusammen vor, und endlich ist er auch später an einem dritten Vorkommen dieser Insel, bei Hansebund entdeckt. Auch östlich von Dillingö, auf dem Festlande an der Ånnerödhalbinsel kam der Fergusonit auf mehreren Gängen vor.

D. Forbes & T. Dahll. Nyt Mag. f. Naturv. B. 8, S. 227; siehe auch D. Forbes.
 Edin. N. Philos. Journ. B. 1, S. 67 (1855) und Philos. Mag. B. 13, S. 91 (1857).

² Ber. d. Berliner Akad. 1871, S. 406, und Mineralchemie S. 362 (1875).

³ P. Schei. »Notes on Norwegian Minerals« 1-9. Nyt. Mag. f. Nat. B. 43, S. 137.

- 5. Das Hauptvorkommen in Smålenene ist ein Pegmatitgang bei Berg (in Råde Kirchspiel) gewesen. Der Fergusonit ist hier in grosser Masse, wahrscheinlich mehrere Hundert Kilogramm, gewonnen. Die Krystalle von diesem Vorkommen sind z. Th. ungewöhnlich gross gewesen, bis mehr als 7 cm. lang, 1-2 cm. dick, gewöhnlich sehr spröde und rissig mit kleinsplitterigem Bruch, von tief schwarzbrauner Farbe, oder röthlich schwarz mit Stich ins Röthlichviolette etc. Der Glanz ist harzartig bis fast metallisch. Die Krystalle sind wie gewöhnlich ziemlich durchgehends auf grossen Tafeln des in der Regel chloritisirten dunklen Glimmers aufgewachsen und sind von dieser Basis ausgeschossen in die noch flüssige Gangmasse, worauf dann später der Feldspath und Quarz sie beim Krystallisieren eingeschlossen haben. An dem frei hervoragenden Ende verlaufen die Combinationskanten [111] : [231] theils von links oben nach rechts unten, theils viel seltener umgekehrt. Stellenweise war der Fergusonit in grösseren reinen, bis mehrere Kilogr. schweren Massen gesammelt, und von diesen schossen dann Krystallspitzen meistens nach einer Richtung hin aus. Auch auf dem Vorkommen bei Berg kam der Fergusonit mit Monazit zusammen vor.
- 6 & 7. Ausser bei Berg in Råde ist der Fergusonit auch von Holer und von einem Gang auf der Insel Åvenö (zwischen dem Kråkstadijord und dem Kurefjord) bekannt. Die Krystalle von Holer zeigen bisweilen ausser den gewöhnlichen Flächen: |231|, |111| und |001| auch das verhältnissmässig seltene Prisma |230|; ein Krystall von Åvenö zeigte auch die Form |131| in ziemlich stark hervortretender Ausbildung.
- 8-16. Auf der Küstenstrecke zwischen Langesund und Grimstad ist der Fergusonit wieder von einer Anzahl Vorkommnisse bekannt.

So von Ranvig, Kirchspiel Söndeled, nahe bei Risör; namentlich aber in der Umgegend von Arendal von den Gängen am Festlande zwischen Tvedestrand und Arendal, sowie von der Insel Tromö. Schon Forbes und Dahll haben von dieser Strecke die Vorkommnisse, Næskilen, Helle und Narestö (am Festlande), die Insel Askerö, ferner Alve und Hampemyr auf der Insel Tromö genannt. Ausserdem sind aus neuerer Zeit noch die Vorkommnisse Lofstad auf der Insel Tromö, sammt Askeland, im Kirchspiel Mykland bei Arendal bekannt.

- 17. Auch von Greppestöl, ca. ½ Kilom. vom Meere, ungefähr 8 Kilom. von Kristiansand sind kleine schwarze Krystalle von Fergusonit eingesandt.
- 18-19. Endlich ist der Fergusonit von Amanuensis P. Schei an mehreren Pegmatitgängen in Sætersdalen entdeckt, namentlich an dem

grossen Gang bei Landsværk in Evje Kirchspiel, sowie an einem Gang bei Högtveit, ebenfalls in Evje Kirchspiel.

Die Krystalle des letzteren Vorkommens wurden von Schei sorgfältig untersucht (l. c.); es gelang ihm dabei ausser den gewöhnlichen Formen |231|, |111| und |001| auch die Formen |230| und |131| (neu) sicher zu erkennen. Er fand auch mehrere Krystalle mit beiden Enden ausgebildet und konnte dadurch die Zugehörigkeit des Minerals zu der tetragonalen bipyramidalen Klasse sicher konstatiren. Die Figuren 9-11, Tab. III sind aus seiner Abhandlung reproducirt. Fig. 10 zeigt, wie schief die Lage der Basis bisweilen sein kann, mit einer Neigung von mehr als 10°. — Die Messungen Schei's führten auf ziemlich genau dasselbe Achsenverhältniss, als das von Miller berechnete. nämlich 1: 1.4602 (während Miller 1: 1.4643 gefunden hat). Das sp. Gew. bestimmte er für den Fergusonit von Högtveit zu 5.682.

Als allgemeine Regel für sämmtliche Vorkommen von Fergusonit dürste es gelten, dass so gut wie immer die Krystalle dieses Minerals auf granitischen Pegmatitgängen zusammen mit vorherrschendem Mikroklinperthit und mit dunklem Biotit auftreten, und zwar wohl beinahe immer auf und zwischen den grossen Biotittafeln, auf welchen sie dann angewachsen sind und ausstrahlen. Von begleitenden seltneren Mineralien ist namentlich der Monazit ziemlich regelmässig vorhanden. -

Optische Untersuchung. Eine Anzahl Dünnschliffe von Fergusonit von Berg, Råde, zeigten, dass das Mineral durchgehends sich als ein amorphes Mineral verhält; die mit brauner Farbe durchsichtigen Schliffe verhielten sich, ob nach der Basis oder parallel zur c-Achse geschliffen, vollkommen gleich. In einigen Schliffen zeigte sich die amorphe rothbraune Hauptsubstanz von einem Adernnetz von gelblicher, doppelbrechender Substanz, offenbar von jüngerer Bildung, durchzogen. Die amorphe, rothbraune Substanz ist ziemlich gleichmässig gefärbt, und ist sicher durch metamikte Molekülarumlagerung der ursprünglichen krystallisirten Fergusonitsubstanz unter Wasseraufnahme entstanden. bestimmte Spaltbarkeit liess sich in den Dünnschliffen nicht konstatiren.

Ebenso verhielten sich auch Dünnschliffe anderer Fergusonitvorkomm-Besonders günstig für die nähere Untersuchung war der sehr homogene Fergusonit von Högtveit, Evje. Präparate nach der c-Achse von diesem zeigten sich absolut isotrop ohne Spur von doppelbrechender Substanz. Die isotrope Substanz war im Dünnschliff durchsichtig mit tiefbrauner Farbe; die Schliffe zeigten doch einen zonaren Bau mit einzelnen Zonenschichten von etwas hellerer brauner Farbe, als die umgebenden.

Das frische Mineral von Högtveit, welches sich durch ungewöhnlich hohes sp. Gewicht (5.682) auszeichnet, ist sehr stark glänzend mit sammtschwarzer Farbe an den muscheligen Bruchflächen. Es schien dies Vorkommen deshalb besonders gut geeignet dazu, die bekannte Erscheinung des Erglühens (Erglimmung), welche einige Fergusonitvorkommen ebenso charakteristisch als gewisse Gadolinite ausweisen, zu studiren.

Die Erglimmungserscheinung wurde am Fergusonit (von Grönland) zuerst von Des Cloizeaux & Damour¹ untersucht; später von Lawrence Smith am Fergusonit von Rockport², von W. E. Hidden & I. B. Macintosh am Fergusonit von Llano County, Texas³, und endlich von G. T. Prior an dem Fergusonit von Rakwana, Ceylon⁴.

Es ist durch diese älteren Untersuchungen gezeigt, dass gewisse Fergusonite mit relativ hohem sp. Gewicht (ca. 5.5 bis 5.8) und relativ geringem Wassergehalt beim Erhitzen zur Rothglut plötzlich mehr oder weniger stark durch die ganze Masse erglimmen, und sich nachher doppelbrechend zeigen; Prior glaubte sogar zu beobachten, dass nach der Erglimmung Splitter nach der Basis ein einachsiges Achsenkreuz zeigten. Die Farbe ändert sich bei der Erglimmung von sammtschwarz (mit braunem Strich) in blass olivengrün oder graugrün, mit emailleartigem Aussehen.

Genau entsprechend diesen älteren Beobachtungen verhält sich nun auch der Fergusonit von Högtveit, welcher dem Aussehen nach dem ursprünglichen grönländischen Vorkommen sehr gleich ist. Das Erglimmungsphänomen ist bei dem Fergusonit von Högtveit ungewöhnlich prachtvoll, z. Th. noch viel starker, als ich es bei dem Gadolinit von Ytterby beobachten konnte. Sofort wenn die Erhitzung in einem Tubus oder Tiegel sich der Rothgluth näherte, leuchtete der Krystall plötzlich auf und eine helle Rothgluth, beinahe Weissgluth verbreitete sich sehr schnell durch den ganzen Krystall, welcher dabei ausserordentlich stark rissig wurde, so dass ein feines graugrünes Pulver in Masse am Boden der Tiegel sich sammelte, während der stark zersprungene Krystall das bekannte emailleartige Aussehen mit der blass olivgrünen Farbe annahm.

¹ Annales d. chimie & de physique, 3^{me} ser. t. LlX, (1860) Sep.-Abdr. (Examen d. propr. opt. et pyrogénet. d. minéraux connus sur les noms de Gadolinites, Allanites, Orthites, Euxénite, Tyrite, Yttrotantalite et Fergusonite) S. 22.

² Amer. journ. of science, B. 13, S. 367 (1877).

³ Amer. journ. of science, B. 38, S. 474 (1889).

⁴ Min. mag. and journ. of the min. soc. London, B. X, S. 234 (1894).

Beim Untersuchen von Dünnschliffen aus einem erglühten Krystall zeigte sich derselbe ausserordentlich rissig zersprungen; die Farbe war nicht mehr die frühere tiefbraune, sondern theils hellbraun, theils gelblich. Dünnschliffe nach \001\ zeigten sich theils isotrop, theils doppelbrechend. Die doppelbrechenden Stellen zeigten deutlicher als früher einen zonaren Bau, die Auslöschung parallel zur Umgrenzung. Die isotropen Stellen zeigten kein Achsenkreuz. Dünnschliffe nach der c-Achse zeigten sich zersprungen in unzähligen länglichen linsenförmigen Splittern, ungefähr parallel zur c-Achse ausgezogen. In der Mitte jedes Splitters fand sich oft eine oder mehrere parallele Streifen von stärkerer Doppelbrechung, parallel zur c-Achse auslöschend. Die umgebenden Theile waren schwacher doppelbrechend.

Es ist aus den Dünnschliffen ersichtlich, dass die metamikte amorphe Fergusonitsubstanz durch die Erglimmung eine durchgreifende Änderung erlitten hat. Eine Restitution der ursprünglichen tetragonalen Molekularstructur lässt sich aber nicht nachweisen. Die Umlagerung der Molekularanordnung, welche sicher stattgefunden haben muss, ist wahrscheinlich mit solcher gewaltsamer Heftigkeit vor sich gegangen, dass der störende Einfluss des Erglimmungsprocesses die Wiederanordnung nach einer regelmässigen tetragonalen Symmetrie nicht erlaubt hat. Versuche darauf, einen langsameren Verlauf des Processes durch Einlagerung der Krystalle während des Erhitzens in Sand herzustellen, gelangen nicht. Im selben Moment wo die Erglimmungstemperatur erreicht war, ging der Process immer sofort vor sich, mit derselben ausserordentlichen Schnelligkeit und das Resultat war immer das gleiche.

Chemische Zusammensetzung.

Der Fergusonit von Berg in Råde wurde gütigst von Prof. C. Blomstrand analysirt; seine Analyse ist unten (unter I) angeführt. Zum Vergleich ist nebenbei von neueren Analysen hinzugefügt: diejenige des Fergusonit von Llano County, Texas, durch Hidden & Macintosh 1 (II), ferner die Analyse des Fergusonit von Rakwana, Ceylon, durch G. T. Prior 2 (III), endlich die Analyse G. P. Tschernik's von dem Fergusonit von Zno, Kaukasus (IV). Ausserdem sind unter V und VI sammt VII angeführt die älteren Analysen Rammelsbergs von den Fergusoniten von Helle, Arendal.

¹ Amer. journ. of Science, B. 38, S. 48, (1889).

² Min. Mag. and Journ. of the Min. Soc. (London) B. 10, S. 234 (1893).

| 11 | Ш | IV | v | VI | VII |
|--|---|--|--|--|--|
| 46.27 | 44.65 | 12.71 | 45.82 | 45.60 | 43.36 |
|) – | 4.98 | } _ | - | _ | 2.04 |
| - | _ | 0.69 | İ – | _ | _ |
| _ | _ | _ | - | _ | _ |
| _ | _ | 0.12 | 0.45 | 0.45 | ე.83 |
| _ | _ | 1.06 | . - | _ | _ |
| 3.38 |) - |) - |) - I |) - |) - |
| 1.54 (UO ₈) | 5 .11 | 6.33 | ∫ 6.21 | 5.38 | 3.16 |
| 0.09 | _ | - | - | _ | _ |
| _ | _ | 3.65 | 5.70 | 3.03 | 3-33 |
| _ | _ | 0.25 | 3.56 | 1.51 | 1 - |
| _ | _ | 0,20 |] - | J |) – |
| 12.33 | 24.67 | 36.52 | 18.69 | 22.31 | 22.68 |
|) - | 13.24 | } _ | 11.71 | 13.97 | 13.95 |
| 0.98 (Fc ₂ O ₈) | 0.51 (Fe ₂ O ₈) | 1.22 | 1.50 | 0.82 | _ |
| _ | - | 0.52 | - | _ | _ |
| 0.04 | | _ | - | - | _ |
| _ | _ | _ | - | _ | _ |
| 0.24 | - | - | - | _ | _ |
| 1.43 | _ | _ | - | _ | _ |
| 0.10 | 2.02 | 2.34 | 2.39 | 2.05 | 2,21 |
| 2.02 | 4.58 | 3.09 | 4.88 | 4.88 | 4,18 |
| 0.91 | | 0.32 (Glühv.) | | - | - |
| 99-33 | 99.76 | 99.02 | 100.91 | 100,00 | 100.74 |
| 5.67 | 5.023 | 5.657 | 4.77 | 4.86 | 5.267 |
| | \$\\ \begin{align*} 46.27 \\ -\\ -\\ -\\ 3.38 \\ 1.54 (UO_8) \\ 0.09 \\ -\\ -\\ 0.98 (Fc_2O_8) \\ -\\ 0.04 \\ -\\ 0.24 \\ 1.43 \\ 0.10 \\ 2.02 \\ 0.91 \\ 99.33 | \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc | \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc | \$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc | $ \begin{cases} 46.27 & 44.65 \\ - & 4.98 \end{cases} \begin{cases} 42.71 & 45.82 & 45.60 \\ - & - & 0.69 & - & - \\ - & - & - & - & - \\ - & - & 0.12 & 0.45 & 0.45 \\ - & - & 1.06 & - & - \\ 3.38 \\ 1.54 (UO_8) \end{cases} \begin{cases} - \\ 5.11 \\ 6.33 \\ 0.09 & - & - \\ - & - & 3.65 \\ - & - & 0.25 \\ - & - & 0.25 \\ - & - & 0.20 \\ \end{cases} \begin{cases} 3.56 \\ 1.51 \\ - & 13.24 \\ 0.98 (Fc_2O_8) \end{cases} \begin{cases} 36.52 \\ - & 18.69 \\ 22.31 \\ 11.71 \end{cases} \begin{cases} 13.97 \\ 0.98 (Fc_2O_8) \end{cases} \begin{cases} 0.51 (Fe_2O_8) \end{cases} \begin{cases} 1.22 \\ 0.52 \\ - & - \\ 0.04 \\ - & - \\ - & - \\ 0.24 \\ - & - \\ 0.10 \end{cases} \begin{cases} 2.02 \\ 2.34 \\ 2.39 \end{cases} \begin{cases} 2.05 \\ 2.02 \\ 4.58 \\ 3.09 \\ 0.32 \end{cases} \begin{cases} Gl\ddot{u}hv. \end{cases} \begin{cases} - & - \\ - & - \\ - \\ - & - \\ - \\ - \\ - & - \\ - \\$ |

Atomgewicht der Yttererden in der Analyse I = 263.

Die Analyse Blomstrands habe ich in folgender Weise berechnet:

| 268. | $Nb_2O_5 o.1466$ | $R_2O_3O.1422$ |
|----------------------|--|---|
| 446. | $Ta_2O_5 o.0140$ o.1616 | $(Nb,Ta)_2O_5O.1422$ |
| 60.4 151. | $SiO_2 \dots O.0238 \\ SnO_2 \dots O.0065 $ | III R ₂ [(Nb,Ta)O ₄] ₂ 0.2844 RO 0.0552 |
| 265. | $ThO_2 0.0095$ | Nb ₂ O ₅ 0.0184 |
| 271. | $UO_2 0.0173$ 0.0268 | R ₃ [NbO ₄] ₂ 0.0736 |
| 328. 330. 263. | $ \begin{pmatrix} Ce_2O_3 & . & . & . & 0.0022 \\ (La,Di)_2O_3 & . & . & 0.0068 \\ (Y,Er)_2O_3 & . & . & 0.1332 \end{pmatrix} $ o.1422 | $\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$ |

```
72. FeO. . . . . 0.0108

71. MnO . . . . 0.0021

40. MgO . . . . 0.0012

25. BeO . . . . 0.0160

56. CaO . . . . 0.0220
```

Diese Berechnung, bei welcher das H_2O als ganz sicher secundär aufgenommen nicht berücksichtigt ist, giebt 0.0031 RO (entsprechend z. B. 0.17 % CaO) zu wenig gefunden, sammt 0.0035 SiO₂ (entsprechend 0.19 %) zu viel gefunden.

Wenn $_3^{II}$ RO als mit $_2^{II}$ O $_3$ äquivalent angesehen wird, ist bei dieser Berechnung das Verhältniss von

$$(Si,Sn)O_2: (Nb,Ta)_2O_5 = I:6.\infty$$
 und von $\stackrel{IV}{R}. (Si,Sn)O_4: \stackrel{III}{R}. (Nb,Ta)O_4 = I:11.99$ oder = $I:12$.

Die Berechnung der Analyse zeigt somit, dass die Zusammensetzung des Fergusonit, wie auch früher allgemein angenommen, einem Orthoniobat entspricht; dass dieselbe sich nicht etwa als eine Metaverbindung (YO). NbO₃ anstatt als Y. NbO₄ auffassen lässt, wird evident bewiesen durch den Gehalt an RO-Oxyden, für welche die gefundene Nb₂O₅
Menge nicht ausreicht, wenn dieselben auf eine Metaverbindung R. [NbO₃]₂ berechnet werden sollte.

Die Bioxyde ThO₂ und UO₂, welche offenbar im Fergusonit, wie im Thorit und einer Reihe anderer Mineralien einander ersetzen, sind wahrscheinlich in einer Verbindung (Th, U). (Si, Sn)O₄ vorhanden, analog mit der Verbindung Ti. TiO₄ des mit dem Fergusonit homoiomorphen Anatas (siehe hierüber weiter unten).

Da ausser der Hauptverbindung RNbO₄ auch eine Verbindung R₃. [NbO₄]₂ im Fergusonit vorhanden ist, ist es wahrscheinlich, dass auch die Hauptverbindung als Y₂. [NbO₄]₂ aufgefasst werden muss.

Hidden & Mackintosh haben verschiedene Vorkommnisse von Fergusonit nach der Grösse des Wassergehalts als einfach-gewässerte und dreifach-gewässerte Fergusonite unterschieden, wozu Prior auch zweifach-gewässerte Varietäten hinzufügte. Ein Vergleich der vorliegenden Analysen zeigt aber, dass der Wassergehalt ungefähr alle möglichen

Werthe zwischen ca. 1 und mehr als 8 % aufweist 1. Es liegen deshalb hier ganz unzweifelhaft keine stöchiometrischen Proportionen vor, sondern das secundär aufgenommene Wasser ist ganz allmählich zwischen den umgelagerten Krystallmolekülen bei der metamikten amorphen Umlagerung der ursprünglich krystallisirten Structur eingelagert. Das ursprüngliche Mineral ist aller Wahrscheinlichkeit nach vollkommen oder beinahe wasserfrei gewesen.

¹ In 22 Fergusonitanalysen ist der Wassergehalt angeblich: 1.01, 1.49, 1.62, 1.65, 2.02, 3.09, 3.71, 4.00, 4.18, 4.47, 4.52, 4.58, 4.66, 4.88, 4.88, 5.12, 5.20, 5.71, 6.19, 6.44, 7.14 und 8.19 Procent.

Ilmenit (Titaneisenerz), Kupfer.

Der Ilmenit ist auf den gewöhnlichen granitischen Pegmatitgängen Südnorwegens keineswegs allgemein verbreitet. Er kommt doch bisweilen (Ånneröd, Fredrikstad, Risö bei Risör etc.) in rauhen Krystallen vor. So erhielt ich vor vielen Jahren eine Sendung von Mineralien aus einem der Pegmatitgänge auf der Insel Kragerö bei Fredrikstad, in welcher sich auch ziemlich grosse rauhe Krystallbruchstücke von Titaneisenerz vorfanden; da an denselben noch der gewöhnliche pegmatitische Mikroperthit angehaftet sass, ist jeder Zweifel an der Ortsangabe des Minerals ausgeschlossen.

Einige Stücke des Vorkommens wurden von Herrn Prof. C. Blomstrand zum Analysiren gesandt. Die Analyse wurde demnächst in seinem Laboratorium von Herrn Cand. Gotthard Wallin ausgeführt; die Analyse ergab die folgende Zusammensetzung:

Prof. Blomstrand bemerkt ausdrücklich, dass die Trennung der Oxyde von Fe unvollständig war, und berechnet demnach die corrigirte Analyse in folgender Weise:

Diese Zusammensetzung entspricht ziemlich nahe der Mischung: Fe_2O_3 . 14 (Fe, Mn, Ca) Ti O_3 .

Es verdient bemerkt zu werden, dass auf demselben Gang angeblich auch ein zweites titanreiches Mineral, Euxenit häufig war. Ausser dem Titaneisen und den Titanoniobaten der Euxenit-Polykras-Reihe und der Priorit-Blomstrandin-Reihe (siehe unten), kommen von anderen Titanmineralien erstens Ilmenorutil und namentlich Titanit (meistens Yttrotitanit) auf den südnorwegischen Pegmatitgängen vor.

Ilmenorutil; Von Kokscharow.

Der Ilmenorutil wurde zuerst von N. von Kokscharow beschrieben 1; er entdeckte das Mineral im Jahre 1854 5 Werst vom Hüttenwerk Miask, im Miaskit, mit Phenakit, Topas und Amazonenstein. Später wurde dasselbe Mineral auch von der Blumow'schen Grube, am südlichen User des Ilmensees bekannt². 1897 fand J. Redikórzew den Ilmenorutil unweit des Sees Argajasch in der Lobotschew'schen Grube, in Granit mit Topas, Phenakit und Beryll. 1878 sammelte I. Muschkétow schöne Krystalle des Minerals in einer alten Topasgrube am Ufer des Wschiwoje-Sees (zwischen Argajasch und Ilmen, 4 Werst n. vom ersten Fundorte).

Die Paragenesis mit Topas und Phenakit etc. macht es überaus wahrscheinlich, dass der Ilmenorutil an sämmtlichen diesen Vorkommnissen in Granit, und zwar auf granitischen Pegmatitgängen vorgekommen ist.

Charakteristisch für das Mineral zum Unterschied von gewöhnlichem Rutil wäre nach den Beschreibungen v. Kokscharows, von Jereméjew's etc., erstens die eisenschwarze Farbe, dann auch das höhere sp. Gewicht, nach v. Kokscharow 5.074, nach v. Romanowsky 5.133, endlich die chemische Zusammensetzung, welche nach der Analyse R. Hermann's einen Gehalt an nahezu 11 % von Fe- und Mn-Oxyden, sammt 19.64 % Niobsäure aufweisen sollte; der von Hermann analysirte Ilmenorutil zeigte nach ihm ein sp. Gew. von 4.92.

Auch die Ausbildung der Krystalle zeigte sich sehr eigenthümlich, indem dieselben fast durchgehends Zwillinge sind nach {101{, wobei auch die Eigenthümlichkeit vorwaltet, dass dieselben in der Richtung einer Kante (111): (111) ausgezogen sind, so dass sie ein rhombisches Aussehen erhalten (siehe Fig. 4 Tab. I; die Figur ist nach v. Kokscharow's Originalzeichnung in einer etwas anderen Lage umgezeichnet³).

¹ Mat. z. Min. Russlands, B. II, S. 352.

² Siehe Arzruni's Ref. (in Zeitschr. f. Kr. B. III, S. 445) von P. v. Jereméjew's Abhandlung Ȇber einige neue Formen d. Ilmenorutile (Bull. Acad. impér. de St. Petersbourg, B. 24, S. 533, 1878).

³ Über andere Typen siehe Arzruni's Res. von Jereméjew's Abhandl. 1. c.

Wahrscheinlich ist es das gleiche Mineral, das auch von einer Anzahl anderer Vorkommnisse in Granit oder Granitpegmatit unter dem Namen Nigrin beschrieben ist.

Der Nigrin wurde ursprünglich schon 1800 von Karsten beschrieben, und wurde darunter ein schwarzer Rutil mit einem Gehalt von Fe-Oxyden von 2 bis 3 Procent verstanden, sonst aber dem gewöhnlichen Rutil sehr ähnlich, und mit ungefähr dem normalen sp. Gew., ca. 4.25. Breithaupt, welcher, wie bekannt, als Mineraloge ein sehr scharfes Auge besass, hat indessen ausdrücklich hervorgehoben, dass der Nigrin schwarzen Strich und höheres sp. Gewicht als der gewöhnliche Rutil besitze. Später sind dann auch von derartigen eisenschwarzen Rutilen verschiedene Vorkommen unter dem Namen Nigrin beschrieben, welche diese abweichenden Eigenschaften besitzen. So erwähnt z. B. Rammelsberg von dem Nigrin von Bernau, Bayern, dass dieser ein sp. G. von 4.41 besitze; die Analyse desselben ergab eine Mischung von 89.49 TiO₂ mit 11.03 Fe-Oxyden und 0.45 MgO; Rammelsberg hielt denselben zuerst für Rutil, welcher mit Titaneisen gemengt wäre¹, eine Ansicht, die er doch später aufzugeben schien.

1885 beschrieb M. v. Miklucho-Maclay² kleine undurchsichtige Krystalle von »Rutil« aus dem Greisensteiner Granit (bei Ehrenfriedersdorf), welche in diesem mit Zinnstein und Topas zusammen vorkamen; die isolirten Krystalle zeigten eine eigenthümliche Ausbildung als Zwillinge nach \101\{, prismatisch ausgezogen nach einer Kante (111): (111), wobei die beiden anderen Flächen von \111\{ gänzlich sehlen, (confr. Fig. 5 Tab. I, der genau gleich ausgebildeten Krystalle von Black Hills), mit Abstumpfung am Ende von zwei Flächen (100) resp. (100). Auf Fe-Oxyde und Nb₂O₅ wurde bei der qualitativen Analyse nicht gesucht.

Ganz gleichartig ausgebildete Zwillinge von eisenschwarzem Nigrin wurden 1891 von W. P. Headden und L. V. Pirsson³ beschrieben aus dem Granit von Black Hills, Dakota; "die Zwillinge gleichen der Combination eines rhombischen Prismas mit einem Makrodoma«. Sp. Gew. 5.294; Farbe schwarz mit hohem Metallglanz. Die Analysen ergaben im Mittel TiO₂ 90.79, 8.01 FeO, MnO Spur, SnO₂ 1.35. Auf Nb₂O₅ wurde nicht gesucht; das hohe sp. Gewicht deutet indessen entschieden darauf, dass schwerere Stoffe als TiO₂, wie z. B. Nb₂O₅ und Ta₂O₅ vorhanden gewesen sind. Auch sind, wie bekannt, Columbit und Tan-

¹ Handb. d. Min. Chem. II (1875) S. 169.

² Neues Jahrb. f. Min. etc. 1885, II, S. 88.

³ Am. Journ. of Sc. B. 41, S. 249.

talit beide aus den Granitgängen der Etta-Mine, von welcher wahrscheinlich auch die Nigrin-Zwillinge herrührten, nach Headden's Untersuchungen bekannt.

In Zusammenfassung der obenstehenden Darstellung ergiebt sich somit, dass eine Anzahl Vorkommnisse von einem mit dem Rutil verwandten Mineral bekannt sind, welche sich in mehreren Beziehungen von dem gewöhnlichen Rutil charakteristisch unterscheiden.

Es dürste nach diesen Ersahrungen wahrscheinlich sein, dass derartige Vorkommnisse — früher theils als Ilmenorutil, theils als Nigrin bezeichnet — in der That ein eigenthümliches Mineral, mit eigenthümlicher chemischer Zusammensetzung repräsentiren.

Wie oben erwähnt hatte Rammelsberg die Vermuthung ausgesprochen, dass die eisenhaltigen Rutile (Nigrine) als mit Titaneisen gemengte Rutile aufzufassen wären. Eine ähnliche Auffassung wurde auch von Prof. A. von Lasaulx (1883) geltend gemacht und ausführlich begründet¹; dieselbe ist neuerdings auch von Prof. A. Lacroix ausgesprochen in der nämlichen Form: dass die als Nigrin und Ilmenorutil bezeichneten Mineralien durch eine theilweise Umwandlung von Rutil in Titaneisen zu erklären wären, also als eine anfangende Pseudomorphosenbildung. Prof. Lacroix hat auch ein derartiges Vorkommen von Anse de Couleau, nahe bei Vannes, Morbihan, eingehend beschrieben und abgebildet.². Wenn er aber mit v. Lasaulx daraus schliesst, dass die als Nigrin oder Ilmenorutil bezeichneten Mineralien im Allgemeinen als derartige Produkte einer theilweisen Umwandlung von Rutil in Titaneisen zu erklären seien, so ist diese Ansicht nach meiner Erfahrung nicht berechtigt.

Es schien nämlich auch eine andere Auffassung nicht nur möglich, sondern von vorn herein ziemlich naheliegend. Der Rutil ist, wie hinreichend bekannt, geometrisch homoiomorph mit Tapiolit und Mossit Fe[TaO₃]₂ und Fe[NbO₃]₂. Es könnte demnach die Vermuthung möglich erscheinen, dass der Rutil, TiO₂, vielleicht auch mit einer Verbindung FeTiO₃ geometrisch isomorph sein könne, ein Gedanke, welcher schon von Rammelsberg angedeutet ist³. Es läge dieser Gedanke um so näher, als ganz analoge Verbindungen: RTiO₃ und RNbO₃ oder II R[NbO₃]₂ unzweifelhaft in der Euxenit-Polykras-Reihe und in der Blomstrandin-Priorit-Reihe (siehe unten) einander ersetzen.

¹ In seiner Abhandl. Der Microstructur, optisches Verhalten und Umwandlung des Rutil in Titaneisen«; Zeitschr. f. Kryst. B. VIII, S. 54 ff. (besonders auch S. 71).

² Minéralogie de la France, B. III, S. 195 und 198 (Fig. 4); 1901.

³ Handb. d. Min. Chem. Ergänzungsh. I, (1886) S. 233.

Allerdings müsste es dann als wahrscheinlich angesehen werden, dass die Zusammensetzung des reinen Rutils nicht als Titansäure, TiO₂, sondern eher als eine Verbindung (TiO). TiO₃ aufgefasst werden müsse. Auch diese Auffassung ist früher angedeutet worden, nämlich von Prof. A. Arzruni (1884)¹, und von Prof. P. J. Holmquist (1897; siehe weiter unten). Ein Beitrag zur Lösung dieser Fragen soll nun unten geliefert werden.

Ilmenorutil war früher aus Norwegen nicht bekannt. Dann brachte 1905 Herr Cand, min. C. Hornemann aus einem granitischen Pegmatitgang in Evje Kirchspiel in Sætersdal eine Anzähl recht grosser, meistens rauher Krystalle eines schweren, eisenschwarzen Minerals mit grünlichschwarzem Strich. Er hatte dieselben an Ort und Stelle für Columbit oder Titaneisen angesehen und deshalb keine grössere Sorgfalt auf Suchen nach guten Krystallen verwendet.

Die Durchmusterung des ganzen Materiales zeigte nun, dass das Mineral tetragonal krystallisirt und zwar in Zwillingen nach \101\{, ausgezogen nach einer Kante (111): (111) und häufig mit den übrigen Flächen von \111\{ fehlend, also prismatisch rhombisch aussehend, und, wie sonst gewöhnlich beim Ilmenorutil und Nigrin aus granitischen Vorkommen, am Ende mit Flächen von \100\{ und \110\{, vollkommen analog den früher von mir beschriebenen Krystallen von Mossit (siehe Fig. 3, Tab. I). Ein grosser Krystall war als ein gewöhnlicher tetragonaler Einzelkrystall (mit \100\{ und \111\{ vorherrschend\}) von Rutil ausgebildet.

Das sp. Gewicht wurde in reiner Substanz zu 4.70 bis 4.71 bestimmt. Dünnschliffe zeigten, dass das Mineral vollkommen homogen war, beinahe ganz undurchsichtig, nur in den dünnsten Kanten äusserst schwach durchscheinend.

Einige der kleineren Krystalle zeigten vollkommen ebene Flächen, doch zu wenig glänzend, um mit Anlegegoniometer gemessen zu werden; die Messungen zeigten eine genaue Übereinstimmung mit den entsprechenden Werthen für Rutil.

Es schien unter diesen Umständen eine chemische Analyse von Interesse; für diese wurde einer der grössten Krystalle (ca. 80 Gramm

¹ Zeitschr. f. Kryst. B. VIII, S. 336; er spricht hier den Satz aus, dass ein Chromgehalt im Rutil >bloss durch die Annahme eines Titantrioxydes, zugleich aber auch eines Titanmonoxydes zu erklären sein würde.

schwer) aufgeopfert und vollständig homogene Substanz ausgesucht. Die Analyse, welche die Bestimmung des Minerals als Ilmenorutil bestätigt, soll weiter unten angeführt werden (in der Tabelle unter I).

Im Anfang dieses Jahres (1906) erhielt die Mineraliensammlung der Universität durch Herrn Cand. min. Ansgar Guldberg noch ein zweites Vorkommen, das genau die nämlichen Eigenschaften wie der Ilmenorutil von Evje besitzt, aus einem granitischen Pegmatitgang von Ausel in der Umgegend von Tvedestrand; mit demselben zusammen fand sich bei näherer Untersuchung auch Thoruranin (Brøggerit) in kleinen Würseln, ausgezeichneten Durchkreuzungs-Zwillingen nach \1111\right\; ferner Orthit, Xenotim, Monazit und Spuren von Orangit.

Das eingesandte Material dieses Ilmenorutil besteht aus kleinen (1/2 bis 2 cm. grossen) Krystallen mit matten, theils sehr ebenen, theils rauhen Flächen. Die Krystalle sind theils Einzelindividuen, begrenzt von 1110 . 100 und 1111, theils ausgezeichnete Zwillinge nach 1101, wie gewöhnlich beim Ilmenorutil prismatisch ausgezogen nach einer Kante 1111 : 1111 und übrigens am Ende mit Abstumpfung von zwei Flächen (100) und (100), indem die übrigen Flächen von 1111 fehlen (siehe Fig. 6, Tab. I).

Die grosse Mehrzahl der Krystalle sind rein eisenschwarz, auch im Dünnschliff vollkommen undurchsichtig; eine Anzahl derselben sind aber von Adern einer bräunlichen harzähnlichen amorphen Substanz durchzogen; dieselbe war in zu geringer Menge da, um analysirt zu werden, ich möchte aber dem Aussehen nach annehmen, dass dieselbe aus einer orangitähnlichen Substanz besteht. Einige kleinere Krystalle schienen vollständig aus dieser Substanz zu bestehen.

Das sp. Gew. der matten, eisenschwarzen Krystalle wurde bestimmt zu 4.71, übereinstimmeud mit dem Vorkommen von Evje.

Da auch von diesem Vorkommen genügendes Material für eine Analyse aufgeopfert werden konnte, fand ich es richtig, auch dies Vorkommen analysiren zu lassen; die Analyse ist weiter unten (unter II in der Tabelle) angeführt.

Endlich erhielt die Mineraliensammlung der Universität neuerdings auch noch von einer dritten Lokalität, einem Pegmatitgang im Kirchspiel Iveland in Sætersdalen, ein einziges kleines Bruchstück eines Krystalls von eisenschwarzem Ilmenorutil, unter anderen Mineralien, welche zur Bestimmung eingesandt waren; dasselbe war dem oben erwähnten Vorkommen von Evje vollkommen ähnlich.

Im Folgenden sind unter I und II die von Herrn Dr. O. N. Heidenreich ausgeführten Analysen der Ilmenorutile von Evje und Tvedestrand angetührt; es muss ausdrücklich bemerkt werden, dass dieselben in Betracht der grossen Schwierigkeiten beim vollständig genauen Trennen der Niobsäure von vorherrschender Titansäure nicht als sehr genau angesehen werden dürfen. Auch wurde keine Trennung von FeO und Fe₂O₃ durchgeführt, sondern alles Fe als FeO berechnet.

Nebenbei ist (unter III) zum Vergleich die Analyse Hermann's von dem ursprünglichen Ilmenorutil von Miask angeführt:

Die Analysen I und II sind die Mittel einer Reihe von Parallelanalysen.

| | | I | II | III |
|---------------|--|-------------------|-------------|----------------|
| | | Evje | Tvedestrand | Miask |
| TiO, . | | 73.7 ⁸ | 67.68 | 66. 9 0 |
| SiO_2 . | | 0.23 | 0.05 | 1.37 |
| SnO_2 . | | | · | 0.89 |
| Nb_2O_5 | | 13.74 | 20.31 | 19.64 |
| Ta_2O_5 | | 0.43 | _ | _ |
| FeO . | | 11.58 | 11.68 | 10.18 |
| MnO . | | Spur | Spur | 0.77 |
| ${\sf MgO}$. | | 0. 0. 4 | Spur | _ |
| CaO . | | 0.22 | 0.28 | _ |
| | | 100.02 | 100.00 | 100.05 |

Die Übereinstimmung, namentlich der Analysen II und III ist ganz auffallend, namentlich wenn man den Umstand berücksichtigt, dass die Analyse R. Hermann's sehr alt ist.

Die Berechnung der beiden norwegischen Vorkommen giebt das folgende Resultat:

| I | II |
|---|---|
| $TiO_2 \dots OO223$ | 0.8460 |
| $ \begin{array}{cccc} \text{TiO}_{2} & . & . & . & 0.0223 \\ \text{SiO}_{2} & . & . & . & 0.0038 \end{array} $ $ \begin{array}{cccc} \text{Nb}_{2}\text{O}_{5} & . & . & . & 0.0513 \\ \text{Ta}_{2}\text{O}_{5} & . & . & . & 0.0009 \end{array} $ | 0.8460 0.0008 0.8468 0.0757 — } 0.0757 |
| Nb_2O_5 0.0513 | 0.0757 |
| Ta_2O_5 0.0009 $\int_{0.0522}$ | _ \int 0.0757 |
| FeO o.1608) | 0.1622 |
| FeO 0.1608 MgO 0.0010 CaO 0.0039 | 0.1622 - 0.0050 0.1672 |
| CaO o.0039) | 0.0050 |
| entsprechend | |
| RO 0.0522 | 0.0757 |
| $(Nb,Ta)_2O_5$. 0.0522 | 0.0757 |
| $R[MO_3]_2$ 0.1044 | 0.1514 |

| RO 0.1135 | 0.0915 |
|--|--------|
| (Ti, Si) ₂ 0.1135 | 0.0915 |
| II IV R(Ti, Si)O ₃ 0.2270 | 0.1830 |
| (TiO)O 0.4063 | 0.3776 |
| TiO ₂ 0.4063 | 0.3776 |
| 11 IV ——— (TiO) TiO ₃ 0.8126 | 0.7553 |

Wird (TiO)O als RO ersetzend aufgefasst, hat man das Verhältniss von Niobat zu Titanat

in der Analyse I:
$$R[(Nb,Ta)O_3]_2$$
: $RTiO_3 = 522:5198$ oder = 1:9.96 = 1:10
--- II: --- : " = 757:4791 " = 1:6.33 = 3:19.

Da das Mineral bei der Untersuchung der Dünnschliffe sich vollkommen homogen erwies, ist demnach für diese Vorkommen festgestellt, dass dasselbe ein gut charakterisirtes Mineral ist, welches, als mit dem ursprünglichen Ilmenorutil von Miask nahe verwandt, als Ilmenorutil bezeichnet werden muss.

Es ist kaum wahrscheinlich, dass diesen Analysen und der darauf gegründeten Berechnung eine derartige Genauigkeit zugeschrieben werden darf, dass dieselben ganz exact eben die durch dieselbe resultirenden Mischungen repräsentiren sollten. In der That liegen die Werthe der drei Analysen einander auffallend nahe, so dass wohl angenommen werden darf, dass eben ungefähr die Mischungen, die sie repräsentiren, sich relativ leicht aus einem TiO₂ und Nb₂O₅ haltenden pegmatitgranitischen Magma bilden und auskrystallisiren könnten. —

Aus der obenstehenden Darstellung erhellt, dass der Ilmenorutil ein an mehreren Vorkommnissen sicher ursprüngliches, durch besondere Zusammensetzung und andere Eigenschaften gut charakterisirtes Mineral ist, welches entsprechend der allbekannten Homoiomorphie des Rutil und des Mossit (resp. Tapiolit) als ein Zwischenglied beider — theils (TiO)TiO₃ und FeTiO₃, theils auch Fe[NbO₃]₂ enthaltend — angesehen werden muss.

Der typische Rutil, empirisch aus nahezu reinem TiO₂ bestehend, kommt meines Wissens nie als ursprüngliches Mineral auf granitischen Pegmatitgängen vor; er ist z. B. an den pegmatiti-

schen und pneumatolytischen apatitreichen Gängen der basischen Hyperite massenhaft vorhanden, an den tausenden von granitischen Pegmatitgängen, die ich auf meinen Exkursionen in Norwegen und anderswogesehen habe, konnte ich nie selbst nur die geringste Spur von typischem, ursprünglichem Rutil entdecken.

Nun zeigt es sich aber, dass an einer grösseren Anzahl von Vorkommnissen granitischer Pegmatitgänge ein ganz eigenthümliches, mit dem Rutil verwandtes Mineral vorkommt, welches aber andere Eigenschaften besitzt:

- 1. erstens eine andere Zusammensetzung, indem ausser einem grösseren oder kleineren Procent von FeO an mehreren Vorkommen sicher auch Nb₂O₅ in beträchtlicher Menge eingeht;
- 2. das sp. Gewicht, welches bei dem typischen Rutil ca. 4.25 ist, ist bei dem Rutilmineral der granitischen Pegmatitgänge bedeuten d grösser (Evje und Tvedestrand 4.70—471, Miask 4.92 bis 5.07 (5.13), Black Hills 5.27 etc.).
- 3. die Farbe ist charakteristisch eisenschwarz, und das Mineral beinahe undurchsichtig, der Strich ist nicht braun oder gelblich wie am Rutil, sondern schwarz, mit Stich ins Grüne;
- 4. die Ausbildung der Krystalle ist an einer grossen Reihe von Vorkommnissen sehr charakteristisch, nämlich als eigenthümlich ausgebildete Zwillinge von scheinbar rhombischem Habitus, prismatisch ausgezogen nach einer Kante (111): (111), wobei regelmässig die beiden übrigen Flächen von (111) fehlen, während am Ende der Prismen häufig zwei Flächen (100) und (100) scheinbar ein rhombisches Makrodoma bilden (siehe Tab. I Fig. 4, Ilmenorutil von Miask, Fig. 5 sog. Nigrin aus Black Hills, Dakota, ebenso Rutilaus Granit Greifenstein, Fig. 6 Ilmenorutil aus Tvedestrand; ebenso aus Evje etc.).

Dieselbe Ausbildung ist nun die regelmässige beim Tapiolith (früher deshalb unter dem Namen Tantalit für rhombisch gehalten) und Mossit; wenn dieser Umstand berücksichtigt wird, scheint es sehr wahrscheinlich, dass die entsprechende Ausbildung bei dem Ilmenorutil (resp. "Nigrin") aus granitischen Pegmatitgängen ebenfalls mit einem an mehreren Vorkommen nachgewiesenen ursprünglichen Gehalt der Verbindung Fe[NbO₃]₂ des Mossit in Verbindung steht. Ob in allen "Nigrine" eine Mischung der Verbindungen FeTiO₃ (und (TiO)TiO₃) mit der Mossitverbindung stattfindet, ob demnach sämmtliche granitische "Nigrine" in der That eigentlich "Ilmenorutile" sind, muss vorläufig dahinstehen. Ebenfalls muss es vorläufig unentschieden gelassen

werden, ob die Hauptverbindung des Ilmenorutil und damit auch des Rutil als (TiO)TiO₃ oder als TiO₂ oder TiTiO₄ aufgefasst werden soll; sicher scheint es nur, dass (ausser der Verbindung Fe[NbO₃]₂) in manchen Ilmenorutilen und Nigrinen die Verbindung FeTiO₃ vorhanden ist, was entschieden für die Auffassung der Hauptverbindung als (TiO)TiO₃ sprechen dürfte (siehe hierüber weiter unten).

Fe-haltige Rutile mit einem geringen Fe-Gehalt sind sehr verbreitet; selbst Gehalte von 3-6 Procent sind nicht selten, obwohl in der Regel mit Vorkommen in granitischen Pegmatitgängen verknüpft (St. Peters Dome, Colorado, mit 3.77 %, »jetblack nigrin«, Eakins; West Cheyenne Cañon, El Paso Co. Colorado, mit 91.96 TiO₂, 1.40 SnO₂, 6.68 FeO (Fe₂O₃) etc. Genth etc.; Black Hills Dakota, mit 90.78 TiO₂, 1.32 SnO₃, 8.10 FeO, Headden etc.).

Dass bei diesen der Fe-Gehalt ursprünglich ist, daran ist kein Grund zu zweiseln. Ob dies auch mit dem "Nigrin" von Bernau, Bayern (mit 89.49 TiO₂, 11.03 FeO (Fe₂O₃?) und 0.45 MgO) oder mit dem sogenannten "Iserit" von Iserwiese (Janowsky; mit 69.51 TiO₂, 0.44 Nb₂O₅, 28.57 FeO, 1.41 MnO, 0.32 MgO) der Fall ist, muss ich unentschieden lassen. Das Vorkommen der Verbindung FeTiO₃ im Ilmenorutil als ursprünglicher Bestandtheil macht es aber recht wahrscheinlich, dass auch die reine Verbindung FeTiO₃ in tetragonaler Form möglich sei.

Vorläufig wird es demnach richtig sein, den Namen Ilmenorutil für niobhaltige 1 Mineralien mit vorherrschender Mischung von (TiO)TiO $_3$ mit FeTiO $_3$ und Fe[NbO $_3$] $_2$ zu reserviren, während für (ursprüngliche) niobfreie Mischungen der beiden ersten dieser Verbindungen in der tetragonalen Form des Ilmenorutil der Name »Nigrin« vorbehalten werden könnte.

¹ Dass in der grossen tetragonalen Gruppe des Rutil-Zirkon-Zinnstein-Mossit (Tapiolith)-Xenotim etc. auch andere Mineralien als der Ilmenorutil gemischte niobhaltige Glieder enthalten, zeigt der Naegit Wada's, von Japan, (T. Wada, →Beiträge z. Min. v. Japan, No. 2, Tokyo 1906, S. 24) mit 55.30 ZrO₂, 5.01 ThO₂, 20.58 SiO₂, 7.69 (Nb,Ta)₂O₅, 3.03 UO₃ und 9.12 Y₂O₆; ebenso der Ainalit Nordenskiölds, von Pennikoia, Finnland, mit 89.95 SnO₂, 8.78 Ta₂O₅, 2.04 FeO, 0.78 CuO.

Mossit; Brøgger.

Der Mossit wurde zuerst von mir beschrieben 1897¹. Da ich keine weiteren Erläuterungen zu der damals publicirten Beschreibung hinzufügen kann, werde ich hier nur die wichtigsten Resultate derselben kurz referiren, indem ich übrigens auf die frühere Abhandlung hinweise.

Der Mossit wurde nur an einer einzigen kleinen Stuse aus einem Pegmatitgang in Råde, welcher im Ansang der 80-er Jahre auf Feldspath abgebaut wurde, entdeckt; die Stuse führte ausser Mossit auch Columbit und Yttrotantalit, beide in Krystallen, obwohl nicht gut messbar. Von den drei Mineralien scheint der Yttrotantalit zuerst, dann der Columbit und zuletzt der Mossit auskrystallisirt. Die genaue Lokalität ist nicht sicher bekannt; dieselbe ist aber entweder bei Berg oder bei Elvestad in Råde belegen gewesen.

Der Mossit fand sich an dieser Stuse in einer Anzahl kleiner höchstens i cm. grosser Krystalle von scheinbar rhombischem Typus. Die Krystalle sind rein schwarz, an Krystallflächen z. Th. metallisch glänzend, an Bruchflächen mehr matt, z. Th. doch auch hier stark glänzend. Die Krystalle waren z. Th. genau messbar.

Einige wenige Krystalle waren Einzelindividuen, dem tetragonalen Systeme und der Reihe des Rutil-Zirkon-Zinnstein etc. dem Typus nach angehörig. Die auftretenden Formen waren:

```
}100(.)110(.)001(.)111(.)101()301(.)305(.)6.9.10(.
```

Aus dem Winkel (111). (110) = 47° 41' wurde das Achsenverhältniss berechnet zu:

$$a:c = 1:0.64379.$$

Die wichtigsten Winkel sind berechnet zu:

Über den Mossit und über das Krystallsystem des Tantalit (Skogbölit) aus Finnland. Videnskabsselskabets Skrifter, Math.-naturv. Klasse, 1897, No. 7 (Kristiania 1897).

Bei weitem die meisten Krystalle sind Zwillinge nach {101}. Diese Zwillinge sind fast immer prismatisch ausgezogen nach einer in der Zwillingsebene liegenden Kante [(111): (111)] und zeigen am frei ausgebildeten Ende regelmässig die Flächen von {110} und {100} mit ausspringenden Winkeln. Ferner fehlen regelmässig die in anderen Zonen, als die genannte, liegenden Flächen von {111}, weshalb die Krystalle regelmässig als rhombische Einzelkrystalle aussehen (siehe Tab. I, Fig. 3).

Ausser diesen ganz vorherrschenden einfachen Zwillingen kamen seltener auch Drillinge und Vierlinge z. Th. mit recht complicirtem Bau vor.

In der genannten Abhandlung wurde nun näher nachgewiesen, dass denjenigen des Mossit vollkommen analog ausgebildete Zwillinge auch am Tapiolith vorkommen, und dass die Krystalle des früher sogenannten Tantalit von Tammela (Skogbölit) nichts weiter als solche rhombotype Zwillinge nach {101} von Tapiolith sind. Die Achsenverhältnisse des Mossit und des Tapiolith sind auch nahe übereinstimmend, nämlich nach meinen Messungen:

Mossit Tapiolith
$$a: c = 1:0.64379$$
 $1:0.65251$

Der Mossit wurde von Herrn Cand. min. G. Thesen analysirt; die Analyse gab

Diese Zusammensetzung entspricht sehr genau der Formel

$$Fe[NbO_3]_2$$
. $Fe[TaO_3]_2$

welche verlangt:

| | | | | | | | 100.00 |
|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|--------|
| FeO. | | • | • | • | • | | 16.84 |
| Ta_2O_5 | | | | • | | • | 51.93 |
| Nb ₂ O ₅ | • | | | | | | 31.23 |

Da das sp. Gewicht des Mossit zu 6.45 bestimmt wurde, während ein chemisch nahe entsprechender Columbit von Black Hills nach Hidden das sp. Gew. 6.707 zeigte, würde dies darauf deuten, dass die rhombische Modification der (Fe,Mn) Tantalate und Niobate specifisch schwerer als die entsprechend zusammengesetzten tetragonalen Verbindungen wären; das bisher vorliegende Material von Beobachtungen erlaubt jedoch nicht, diese Frage sicher zu entscheiden. Wenn dies aber so wäre, müsste erwartet werden, dass auch der Brookit schwerer als entsprechend zusammengesetzter Rutil wäre, was nach den vorliegenden Angaben nicht der Fall ist. Da nun auch der Manganotantalit von Sanarka mit rhombischer Columbitform und mit 79.81 Ta₂O₅ und nur 4.47 Nb₂O₅ ein spec. Gew. von nur 7.301 hat, während der Tapiolith von Kulmala, Sukkula, Finnland mit nur 73.91 Ta₂O₅ und 11.22 Nb₂O₅ nach Norden skiöld ein sp. Gew. von 7.496 besitzt, dürfte es eher wahrscheinlich sein, dass das sp. Gew. auch für die (Fe,Mn)-Tantalate, resp. Niobate bei der tetragonalen Modification grösser, als bei der rhombischen ist. Das niedrigere sp. Gew. des Mossit von Råde dürfte dadurch erklärlich sein, dass nur eine ganz geringe Menge von Substanz, welche ausserdem kaum vollständig rein war (kleine Krystalle), gewogen werden konnte, weshalb die Bestimmung wahrscheinlich zu niedrig sein dürfte.

Columbit (Niobit); Jameson.

Der Columbit wurde in Norwegen zuerst 1879 entdeckt, indem ein guter Krystall aus einem Pegmatitgang bei Ånneröd in Smålenene damals von Herrn Cand. min. T. Lassen als »Orthit« an die Mineraliensammlung der Universität eingesandt und dann von mir nachträglich als Columbit erkannt wurde. Wie spätere Untersuchungen gezeigt haben, ist derselbe auf den Pegmatitgängen in Smålenene sowohl in Våler östlich von Moss, als auch in Råde, Rygge etc. eines der häufigsten accessorischen Mineralien dieser Gänge; in den übrigen Gebieten mit granitischen Pegmatitgängen scheint er dagegen relativ spärlich verbreitet. Ein Verzeichniss der wichtigsten bekannten norwegischen Vorkommen soll unten mitgetheilt werden.

Vorkommnisse von Columbit in Norwegen.

1. Ånneröd in Våler, östlich von Moss. Der Columbit kommt hier auf einer Anzahl z. Th. grosser Pegmatitgänge vor; an mehreren derselben tritt er in sehr intimer regelmässiger Verwachsung mit Samarskit auf, eine Verwachsung, welche zur Aufstellung der Species Ånnerödit Veranlassung gab (siehe unten unter Samarskit).

Die Krystalle sind dann häufig in Parallelstellung stenglich verwachsen; bisweilen sind mehr als Hundert solcher stenglich verwachsener Individuen so dicht beisammen gruppirt, dass sie als ein einzelner grösserer Krystall aussehen. Ein derartiges Aggregatindividuum mass z. B. ca. 5 cm. in Länge, bei einer Breite von 3 cm., einer Dicke von 1.5 cm.

Die Columbitkrystalle von Änneröd wurden schon früher 1 von mir (als Ånnerödit) aussührlich beschrieben; sie zeigen folgende einzelne Formen (Schrauf's Stellung):

W. C. Brøgger. »Nogle bemærkninger om pegmatitgangene ved Moss og deres Mineraler«. Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. B. V (1881) S. 354-367. Nach dieser Abhandlung sind die Fig. 1 und 2, Tab. I reproducirt.

| a | = | 100 | 1 | = | 012 |
|---|---|------|---|---|---------------|
| b | = | 010 | k | = | 1110 |
| c | = | 001 | u | = | }111 } |
| g | = | 110 | n | = | 211 |
| m | = | 1130 | β | = | 121 |
| Z | = | 1150 | 0 | = | 1131 |
| е | = | 201 | S | = | 221 |

Die Krystalle sind gewöhnlich 1) langprismatisch, häufig parallel zu |010|, tafelförmig oder linealförmig ausgebildet, mit |010|, |100| und |110| sammt häufig auch |130| und seltener dazu |150| in der Vertikalzone, mit |201|, |211| und |111| als am Ende vorherrschende Formen. Andere Krystalle sind 2) kurzprismatisch nach der Vertikalachse, theils mit ungetähr gleicher Ausbildung von |010| und |100| in der Vertikalzone (die Prismenflächen nur als schmale Abstumpfungen), theils sogar mit |100| vorherrschend; am Ende herrschen dann |201| und |211|. An anderen Krystallen herrschen bei sonst gleicher Ausbildung am Ende die Flächen von |111| mit |201|, während diejenigen von |001|, wie gewöhnlich auf den Krystallen von Ånneröd, wenig hervortretend ausgebildet sind. (Siehe die Figuren 1, 2 und 3 Tab. II, welche alle häufige Combinationen des Columbit von den Gängen in Råde, Rygge und Våler darstellen).

Einige Krystalle waren mehr formenreich; mehrere zeigten auch eine scheinbar monokline Ausbildung.

Ein Exemplar wurde als ein Durchwachsungs-Zwilling nach dem Gesetz: Zwillingsachse eine Normale zu einer Fläche von 150, erkannt (Fig. 4 Tab. III); es wurde

Ausserdem wurden mehrere Zwillinge nach dem gewöhnlichen Gesetz, Zwillingsfläche 32014, nachgewiesen.

- 2. Ödegårdssletten in Våler; von diesem Vorkommen sind ebenfalls Krystalle, denjenigen von Ånneröd genau gleich, in regelmässiger Verwachsung mit Samarskit bekannt.
- 3. Kjærsund in Våler, ebenfalls auf der Ånnerödhalbinsel; von diesem Fundort sind grössere Krystalle von Columbit in den 80-er Jahren gekommen. Sie zeigten die gewöhnliche tafelige Ausbildung nach 1010/2016 mit 1010/2016, 1110/2016 und 1130/2016 sammt (bisweilen 1150/2016) in der Vertikalzone, 1001/2016 und 1211/2016 und 1211/2016 am Ende.

Ein Exemplar von Kjærsund (jetzt in der Sammlung des Min. Instituts der Universität Stockholm) wurde als ein Zwilling nach der nicht als Krystallfläche bekannten Form \501\{\} erkannt; die

Bestimmung geschah durch die gemeinsame Zone (201): (100) und durch Messung des Winkels [100]: [100] = ca. 25° (berechnet 25° 12'). Eine Fläche des einen Individuums bildet bei diesem Gesetz mit einer Fläche 100 des anderen einen ganz kleinen einspringenden Winkel von nur 4°.

Im Ganzen ist der Columbit von wenigstens 10 verschiedenen Pegmatitgängen der Ånnerödhalbinsel bekannt.

- 4. Dramstad, auf der Insel Fæö, in Vandsjö, Kirchspiel Råde. Von einem grösseren Pegmatitgang hier wurde schon in den 80-er Jahren eine Anzahl sehr grosser Krystalle von Columbit gewonnen; einige derselben waren sehr schön ausgebildet; so zeigte ein Krystall, welcher sicher mehrere Kilogramm schwer gewesen ist, an einer gut erhaltenen Ecke ausserordentlich ebene, obwohl matte Flächen von \100\{\.\}101\{\.\}110\{\.\}110\{\.\}111\{\.
- 5. Auch von der Insel Oxenö in Råde sind kleine, ziemlich schlecht ausgebildete Krystalle von Columbit gekommen; grössere, meistens rauhe Tafeln nach otol ebenfalls von
- 6. Huggenæskilen in Rygge, an der Südseite von Vandsjö. Eine grosse Anzahl guter Vorkommen von Columbitkrystallen liegen nach einander in einer Zone längs der NW-Seite des Kurefjords in der Richtung SSW à SW bis NNO à NO; so am Kurefjord Pegmatitgänge bei
- 7. Grevsrud, 8. Hullingsås und 9. Sameja im Kirchspiel Rygge. Diese Feldspathgruben am Kurefjord lieferten in den 80-er Jahren zahlreiche, z. Th. sehr schöne Krystalle, meistens von geringer Grösse, aber gut ausgebildet.

Die Krystalle von dem grössten Bruch am Kurefjord waren in der Regel nur 1—3 cm. lang, mit oft sehr ebenen, obwohl gewöhnlich matten Flächen, und in der Regel von einem charakteristischen kurzen gedrungenen Typus mit {100}, {010} und {001} häufig nahezu in Gleichgewicht, daneben mit {110} und {130} (schmal) sammt {201} und {111} nur ganz untergeordnet (siehe Fig. 4, Tab. II).

Noch mehr häufen sich die Vorkommen von Columbit näher an der Granitgrenze auf einer Linie längs der NW-Seite des Kråkstadfjords und weiter gegen NO bis Oxenö in Vandsjö. Wir haben hier in dieser Zone im Kirchspiel Råde:

- 10. Avenö (zwischen Kråkstadfjord und Kurefjord; hier kleine Krystalle gleich denjenigen von Kure.
- 11. Fuglevik, nahe dem Kräkstadfjord; kleine, nicht besonders gute Krystalle von dem gewöhnlichen, dicktafeligen Typus.

- 12. Lore bö bei Åker; von diesem Vorkommen besitzt die Mineraliensammlung der Universität eine Anzahl kleiner, aber sehr gut ausgebildeter, meistens linealförmiger Krystalle von Polykras ähnlichem Aussehen; Combination: \\010\langle \.\\110\langle \.\\110\langle \.\\111\langle \.\\201\langle \.\\111\langle \.\\001\langle \.\\111\langle \.\\001\langle \.\\111\langle \.\\001\langle \.\\111\langle \.\\001\langle \.\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\\001\langle \.\001\langle \.\\001\langle \.\001\langle \.\001\langle \.\001\langle \.\001\langle \.\001\langle \.\001\langle \.\001\langle \.\001\l
- 13. Berg (?) in Råde; von dem unten näher erwähnten Pegmatitgang, an welchem der Yttrotantalit und der Mossit gesunden wurde,
 kamen mit diesen beiden Mineralien auch kleine nach oto linealförmige
 Krystalle von Columbit vor; dieselben sind dicht beisammen in derselben
 Weise wie so häufig beim Desmin zu garbenförmigen Aggregaten angehäuft.
- 14. Elvestad; von mehreren Gängen bei Elvestad sind Columbit-krystalle gewonnen, theils kleine rauhe linealförmige Krystalle, theils auch sehr grosse dicke Tafeln nach oto am Ende entweder mit \111; oder mit oder mit ooi vorherrschend.
- 15. Karlshus. Dieser grosse Gang, welcher zehntausende von Tons von Feldspath (und Quarz) geliefert hat, hat stellenweise auch Krystalle und grössere Massen von Columbit geliefert; am selben Gang kamen an besonderen Partien auch massenhaft kleine Krystalle von Thoruranin (Bröggerit) vor. Die Mineraliensammlung der Universität Kristiania besitzt von diesem Vorkommen u. a. einen ca. 3 Kilogramm schweren, ausgezeichneten Krystall, ca. 12 cm. lang, 10 cm. breit und 8 cm dick, mit 100 und 1010 ungefähr in Gleichgewicht (mit ganz schmaler Abstumpfung durch {110\), am Ende \001\ vorherrschend und übrigens mit 2011, 1111 und 2111 am Ende. Ein zweiter, noch grösserer Krystall ist nahezu prismatisch ausgebildet durch Vorherrschen von 3001 und lo10 in Gleichgewicht mit einer Länge von 22 cm, längs der a-Achse, 8 cm. längs der c-Achse, und ebensoviel längs der b-Achse. Am Vorderende der a-Achse sind die Flächen von 100(. 1110(. 1130(. 1150), ferner 1111 und 2011, beide klein, vorhanden. Ein noch grösserer Krystall (oder richtiger eine Krystallgruppe) von demselben Vorkommen zeigt eine Grösse von 25 cm. längs der a-Achse, 15 cm. längs der b-Achse und 18 cm, längs der c-Achse. Es sind aber an diesem Gang noch viel grössere Krystallaggregate von Columbit gefunden; der grösste Krystall von diesem Fundort hatte sogar angeblich ein Gewicht von mehr als 140 Kilogramm.
- 16. Halvorsröd; grosse rauhe Krystalle und kleinere Tafeln oder Lineale, mit Monazit, Orthit etc.
 - 17. Starengen; rauhe Tafeln nach 10101, bis 3 cm. lang.
- 18. Von Lundeby sind ebenfalls (1881) an die Mineraliensammlung der Universität eingekommen Krystalle von Columbit, theils in den

gewöhnlichen Tafeln nach [010], theils auch dicke kurzprismatische Krystalle mit [010], [100]. [110], ([130] und [150]), [001], [111], [201] und [211].

Auch von Fredskjær, Myre und anderen Lokalitäten in Råde sind Krystalle von Columbit bekannt.

Im Ganzen dürften von der Grenzzone des grossen Granititgebietes zwischen der Küste bei der Mündung des Kräkstadfjords und des Kurefjords in SW in Råde und Rygge und der Ostseite von Vandsjö in Våler in NO wenigstens 30 verschiedene Vorkommen von Krystallen des Columbit bekannt gewesen sein.

Aus der pegmatitreichen Grenzzone desselben Granitgebietes auf den Hvaler-Inseln ist der Columbit bis jetzt nicht bekannt.

19. In der an grossen Pegmatitgängen so reichen Umgegend von Kragerö (Skåtö, Sanökedal, Bamle) ist der Columbit bis jetzt nur aus einem einzigen Gang bekannt, nämlich dem Vorkommen des Phenakit bei Tangen am Kammerfoselv, 3 Kilometer westlich von Kragerö. Dies schöne Vorkommen ist schon von Herrn Prof. L. Milch in Breslau beschrieben ¹.

Der Columbit von Tangen ist durchgehends nach der c-Achse prismatisch ausgezogen, mit vorherrschender Ausbildung der Flächen von b |010|, daneben |110| und |130|, selten auch |150|; am Ende herrschen |111| und |201|, während |001|, |101| und verschiedene Pyramidenflächen nur selten und wenig hervortretend ausgebildet sind. Die Flächen sind matt, aber gewöhnlich sehr eben, doch nicht am Reflexionsgoniometer messbar. (Siehe Fig. 8 und 11, Tab. II).

Zwillinge nach |201| sind sehr häufig; ausser Durchkreuzungszwillingen (von 2 einander durchkreuzenden Individuen; siehe z. B. Fig. 5, Tab. II) finden sich auch ausgezeichnete Drillinge. Ein solcher (siehe Fig. 6 & 7, Tab. II) mit den Flächen von b |010| gemeinsam für alle drei einander durchkreuzenden Individuen bildet eine dicke pseudohexagonale Tafel nach |010|, mit nur schwach einspringenden Winkeln der Flächen von |111|, welche vorherrschend die Seitenbegrenzung der Tafel bilden. Über die Bedeutung dieser Zwillinge weiter unten.

Prof. L. Milch glaubte aus seinen Beobachtungen schliessen zu dürfen, dass der Columbit von Tangen in der bisphenoidischen Klasse des rhombischen Systemes krystallisire. Meine Beobachtungen an einem

¹ L. Milch. Mineralogische Mittheilungen«. No. 4. Wer Columbit von Sonikedal [NB. soll sein Sanökedal] bei Kragerö«. Neues Jahrb. f. Min. Geol. & Pal. Jahrg. 1900, B. I, S. 159-164.

sehr bedeutenden Materiale ausgesuchter Krystalle haben diese Ansicht nicht bestätigt.

Auf dem Pegmatitgang von Tangen kommt der Columbit mit Phenakit, Apatit, Thorit, Alvit etc., sammt namentlich mit grossen, z. Th. riesigen Krystallen von schwarzem Turmalin vor; der Columbit zeigt sich dabei sehr früh auskrystallisirt, früher als der Turmalin, dessen Krystalle von den älteren Columbitkrystallen durchsetzt sind.

Auch von mehreren Pegmatitgängen in der Umgegend von Risör ist der Columbit bekannt, obwohl hier keineswegs häufig vorkommend. So fand ich schon 1874 bei

- 20. Ramskjær, Söndeled bei Risör mehrere Bruchstücke von Columbitkrystallen, mit \100\\ und \010\\ und \111\\ am Ende. Auch von einem anderen Vorkommen von Söndeled bei Risör erhielt die Sammlung der Universität (1904; durch Herrn Cand. min. A. Guldberg) mehrere dicktafelige Krystalle mit der gewöhnlichen Ausbildung mit vorherrschenden Flächen von \010\\ und mit \111\\ und \201\\ am Ende.
- 21. Båseland Feldspathgrube, ½ Km. NW von Landvik im Holt Kirchspiel, SW von Tvedestrand, führte (nach A. Helland, Nedenes Amt, I, S. 361) zusammen mit Monazit, Thorit, Magnetit etc. auch Columbit.
- 22. Röstöl bei Arendal. In der Umgegend von Arendal, deren granitische Pegmatitgänge schon längst als reiche Vorkommen seltener Mineralien (wie Orthit, Euxenit, Blomstrandin, Fergusonit, Thoruranin, Thorit, Alvit, Yttrotitanit, Monazit, Xenotim etc.) bekannt sind, muss der Columbit jedenfalls sehr selten sein. Ich kenne aus den Gängen dieser Gegend nur einen einzigen, etwa 3 cm. langen, nach |010| tafelförmig ausgebildeten Krystall mit |010| 100| sammt untergeordnet |130| 150|, mit |001| |201| und |111| am Ende, von Röstöl, östlich von Arendal.
- 23. Umgegend von Kristiansand. Ohne nähere Fundortsangabe hat die Mineraliensammlung der Universität sowohl durch Herrn Adjunkt Hougen (1895) als durch Herrn Professor Waage (1899) aus der Umgegend von Kristiansand ziemlich grosse tafelförmige Krystalle von Columbit erhalten, einen solchen z. B. 8 cm. lang, 6 cm. nach der a-Achse, bei einer Tafeldicke von nur 1 cm., mit den gewöhnlichen Formen.
- 24. Håvas Bruch, Eftevand, Kirchspiel Iveland im Sætersdal, N. von Kristiansand. Von dieser Lokalität hat Herr Cand. min. A. Guldberg einen ca. 4 cm. langen, 2.5 cm. breiten und ca. 2 cm. dicken

ziemlich rauh ausgebildeten Krystall von Columbit erhalten mit der gewöhnlichen Ausbildung der Columbite der Pegmatitgänge; auch die Sammlung der Universität hat mehrere Bruchstücke von Columbitkrystallen von dieser Lokalität erhalten.

25. Hitterö. Endlich besitzt die Mineraliensammlung der Universität auch noch von Hitterö (ohne nähere Fundortsangabe) einen einzelnen ungefähr 2 cm. langen Krystall von Columbit, mit vorherrschenden Flächen von |001|. |010| und |100|, wozu ganz zurücktretend noch |201|. |111| und |110|. Der Columbit muss demnach jedenfalls auch auf Hitterö nur sehr selten vorkommen.

In Zusammenfassung der oben angeführten Mittheilungen über die Verbreitung des Columbit auf den südnorwegischen Granitpegmatitgängen sehen wir also, dass der Columbit innerhalb einer ungefähr 8 bis 10 Km. breiten, SW—NO streichenden Grenzzone ausserhalb der Grenze des Granitgebietes in Smålenene zwischen dem Kristiania-fjord und der Ostseite von Vandsjö sehr allgemein verbreitet. (einige Gänge haben hier mehrere Tons von Columbit geliesert) und von wenigstens 20 bis 30 Gängen bekannt ist. Ausserhalb dieser Grenzzone ist der Columbit nur ganz ausnahmsweise nachgewiesen, auf den Pegmatitgängen der Gegend von Kragerö, Risör, Arendal, Kristiansand, im Sætersdal und auf Hitterö, überall hier doch nur selten und (mit Ausnahme des Vorkommens von Tangen bei Kragerö) sparsam vorgefunden.

Krystallographische Untersuchung des Columbit.

Mehrere norwegische Vorkommen des Columbit haben so gut messbare Krystalle geliefert, dass ich es der Mühe werth gefunden habe, eine grössere Anzahl auserlesener Krystalle durchzumessen, um das Achsenverhältniss des Minerals so genau wie möglich zu bestimmen.

Eine Durchmusterung des gesammten, mir vorliegenden Materiales zeigte, dass namentlich unter den Krystallen von Ånneröd, von Lorebö und von Kure gut messbare Exemplare vorhanden waren.

Daneben schien es mir von Interesse, zugleich auch gute Krystalle von dem bekannten Vorkommen von Ivigtut in Grönland zum Vergleich mit den norwegischen Krystallen zu messen; es war mir nämlich bekannt, dass Prof. A. Schrauf für seine »Monographie des Columbit« 1 von Prof. Forchhammer in Kopenhagen ausschliesslich verhältnissmässig

¹ Sitzungsber. d. math. naturw, Classe d. k. Akad. d. Wissensch. Wien 1861. S. 445 -464.

grosse (und somit für genauere Messungen nur schlecht geeignete) Krystalle zur Untersuchung erhalten hatte. Prof. V. Ussing in Kopenhagen war deshalb so freundlich, mir eine grosse Anzahl ausgesuchter ganz kleiner (2-5 mm. grosser) Krystalle für meine Untersuchung zu überlassen.

Die Durchmessung einer grossen Anzahl Krystalle theils der genannten norwegischen, theils des grönländischen Vorkommens hat nun gezeigt, dass selbst die scheinbar besten Krystalle für entsprechende Winkel nur selten einigermassen genau übereinstimmende Werthe lieferten. Dies Verhältniss rührt meistens davon her, dass die Flächen an und für sich weniger gut ausgebildet sind, namentlich aber von dem sehr allgemein verbreiteten Verhältniss, dass die scheinbaren Einzelindividuen so häufig in der That Krystallstöcke sind, welche ganz analog den Desminkrystallen in subparalleler Anordnung der aneinander grenzenden Individuen garbenförmig aggregirt sind, ein Verhältniss, welches bei dem mit dem Columbit homoiomorphen Euxenit noch mehr durchgehends stattfindet.

Die a-Achsen sind dabei zum grössten Theil näher parallel, die Flächen von |010| dagegen immer mehr fächerförmig auseinander weichend. Infolge dessen sind die Werthe der Messungen der Zonen (111): (010), ferner (110). (010) etc. gewöhnlich weniger gut, die Werthe der Zone (201): (100) oder (111): (111) etc. häufig besser, obwohl auch diese von der garbenförmigen Gruppirung beeinflusst sind.

Aus einer grossen Anzahl von Messungen habe ich schliesslich als Grundlage für die Bestimmung des Achsenverhältnisses die folgenden als die besten erwählt:

Die erste dieser Messungen stimmt nahe mit dem Werth E. S. Dana's: 29° 57′, während die zweite von seinem Werth 79° 54′ verhältnissmässig mehr abweicht.

Aus den oben angeführten, zu Grunde gelegten Messungen ergiebt sich (nach Schrauf's Aufstellung der Krystalle) das Achsenverhältniss:

$$a:b:c = 0.40093:1:0.35867.$$

Auf dies Achsenverhältniss bezogen berechnete ich die unten in der Columne I angegebenen Werthe; zum Vergleich sind einige meiner besten Messungen theils an norwegischen (N), theils an grönländischen (G) Krystallen angeführt; einige weniger gute Messungen sind in () angeführt. Ferner sind zum Vergleich die aus Dana's Messungen

berechneten Werthe, und die von Schrauf nach seinem Achsenverhältniss berechneten Werthe angeführt.

| | Berechnet | Gemessen (N) | Gemessen (G) | | Berechnet |
|-----------------------|-----------|-------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| (150) : (100) | 620 2011 | 63° 30' | | Dana 63 ⁰ 34' | Schrauf |
| (150): (150) | | - | _ | 127° 8' | _ |
| (130) : (100) | _ | _ | - | 50° 21 \frac{1}{2}' | _ 50° 43' |
| (130) : (130) | | _ | _ | 100° 43' | 50 43 101° 26' |
| (130) : (010) | | 39° 4 1½—39° 48' | _ 39° 41'—39° 47' | 39° 38¼' | 39° 17' |
| (130) : (i30) | | 79° 25' | 79° 22' | 39 30 <u>\$</u> 79° 17' | 39° 17° 78° 34 ' |
| (110) : (100) | | 21° 40 – 21° 59' | 21° 46¼' | 79 17 21° 55' | 78° 34° 22° 10' |
| (110) : (110) | | 21 40-21 59 | 43° 42' | 43° 50' | 44° 20' |
| (130) : (110) | | | 43 42 28° 24§' | 43 50 28° 26] ' | 44 20 28 33 4 |
| (201): (100) , . | | 29° 12½'29° 14' | 20 243 | 29° 204 | 31° 20' |
| (201) : (201) | | 121° 35′—121° 53′ | | 29 20' | 31 20' |
| (101): (100) | | | _ | 48° 2014′ | 50° 36' |
| (101) : (101) | | _ | | 40 20 1 83° 19' | 50 36 78° 58' |
| (021) : (010) | | | | 54° 24' | 78° 58° 56° 13' |
| (021) : (021) | | _ | | 54 24 71° 12' | 50° 13° 67° 34' |
| (032) : (010) | | | 61° 36' | 61° 46' | 60° 21' |
| (032) : (032) | | _ | 01 30 | 56° 28' | 59° 18' |
| (011) : (010) | | _ | — 70° 27' | 70° 18‡' | 71° 30′ |
| (011): (011) | | | 10 21 | 39° 23¼' | 37° |
| (012) : (010) | | | 79° 52′ | 39 23 <u>1</u> 79° 51' | 37 80° 30' |
| (012) : (012) | | _ | 19 52 | 20° 18′ | 19° |
| (III): (III) | | *29° 55' | | 20 18 29° 57' | 19 29° |
| (III) : (iII) | | *80° 9' | 80° 8' | 29 57 79° 54' | |
| (III) : (III) | | - | (92° 35') | 79 54 92° 24' | 75° 50' 96° 52' |
| (111): (010) | | 75° 3' | 75° 3½′ | 75° 2' | 90 52 75° 30' |
| (121): (121) | | 15 S — | 15 3¥ | 75 2 56° 17' | |
| (121): (121) | | _ | _ | 56 17 71° 46' | 54° 42' 68° 36' |
| (121) : (121) | | _ | | | 86° 48′ |
| (121) : (010) | | _ | — (62° 17') | — 61°51 <u>1</u> ′ | 62° 39' |
| (121): (111) | | _ | 13° 2½' | 13° 10½′ | 12° 51' |
| (131): (131) | | | 13 22 | 77° 29' | 75° 36' |
| (131) : (i31) | | | _ | 77 29 62° 27 <u>1</u> 1 | 75 36 60° 16' |
| (131) : (13i) | _ | | | 71° 17' | 75° 16' |
| (131) : (010) | | | (51° 39') | 51° 15½' | 75 16 52° 22' |
| (131): (111) | | _ | (23° 8') | | - |
| (211): (211) | | (20° 3') | 19° 43' | 23° 46‡' | 23° 18' |
| (211) : (211) | | (20 3) | 19 43 | 19° 54' 118° 20' | 19° 44' |
| (211) : (211) · · · · | | | | 57°42' | 114° 36′ |
| (211) : (201) | | _ | (30 4) | | -04 |
| (211) : (010) | _ | 8o° oʻ | _ | 9° 57' | 9 [°] 52′ 80° 8′ |
| (221) : (010) | | _ | 08° 0011 00° 0011 | 80° 3' 38° 39' | 38° 33' |
| (221) : (221) | | _ | 38° 20¼'—38° 23¼' | | |
| (-41) : (221) | 110 57 | _ | - | 110° 42′ | 107° 32' |

| Berechnet | Gemessen (N) | Gemessen (G) | Berechnet Dana | Berechnet Schrauf |
|--|--------------|----------------|-------------------|----------------------|
| $(221): (221) \dots 54^{\circ} 50\frac{1}{2}'$ | | (55° 19') | 55° 4' | 58° 50' |
| (221) : (211) 9° 22' | | 9° 21 ½' | 9° 23' | 9° 19' |
| (221) : (231) 8° 25' | _ | 80 131,-80 36, | 8° 12' | 8° 22' |
| (221) : (010) 70° 43' | | 70° 42′ | 70° 40' | 70° 49' |
| (231) : (231) 55° 24' | _ | _ | 55° 30' | 55° 8′ |
| (231) : (231) 101° 24' | | _ | 100° 59' | 98° 26' |
| (231) : (231) 51° 11' | | 51° 27' | 51° 24′ | 54° 54' |
| (231) : (010) 62° 18' | | 62° 6′ | 62° 15' | 62° 26' |
| (241) : (241) 69° 59' | - | | 70° 6' | 69° 40' |
| (241) : (241) 91° 183′ | | - | _ | |
| 241): (24i) 47° 7' | | _ | _ | 50° 36' |
| (241): (010) 55° ½' | | _ | _ | 55° 10' |

Wie die Messungen mit den berechneten Werthen stimmen, zeigt ferner auch folgender Vergleich für einige häufig gemessene Winkel:

| | Berechnet | Gemessen |
|------------------------|-----------|-----------------|
| (110) : (1 i 0) | | 43° 38½' |
| | | 43° 42' |
| | | 43° 43' |
| | | 43° 52' |
| | | 43° 39' |
| | | 43° 36' |
| | 43° 42' | M. 43° 413' |
| (130) : (010) | | 39° 45' |
| | | 39° 55' |
| | | 39° 47' |
| | | 39° 36' |
| | | 39° 41' |
| | | 40° 1' |
| | | 39° 48' |
| | | 39° 35' |
| | | 39° 58' |
| | | 39° 35½' |
| | | 39° 34' |
| | | 39° 28′ |
| | 39° 44½' | M. 39° 44½' |
| (110) : (130) | | 28° 11' |
| | | 28° 12' |
| | | 28° 28½' |
| | | 28° 23' |
| | | 28° 18' |
| | | ₂ გ⁰ ვ6' |
| | | 26° 21 ₹' |
| | | 25° 26½' |

| | Berechnet | Gemessen 28° 29½' 28° 41' |
|---------------|-----------|---------------------------------|
| | 28° 24½' | 28° 243' |
| (111) : (010) | | 75° 7½' 75° 4' |
| | | 74° 52½' |
| | | 75° 3½' |
| | | 75° 2' |
| | 75° 2½' | M. 75° 2' |
| (111) : (111) | | 80° 10' |
| | | 80° 9' |
| | | 80° 8′ |
| | | 80° 9' |
| | | 80° 7' |
| | | 80° 3' |
| | | 80° 8′ |
| | 80° 9' | M. 80° 8' |

Das oben abgeleitete Achsenverhältniss stimmt, wie man sieht, ziemlich gut mit dem von E. S. Dana nach seinen Messungen am Columbit von Standish in Maine 1 abgeleiteten

$$a:b:c = 0.40234:1:0.35798$$
,

während oben gefunden wurde

$$a:b:c = 0.40093:1:0.35867.$$

Da der norwegische Columbit (siehe unten) ebenso wie der grönländische sehr arm an Tantalsäure ist, dürfte es wahrscheinlich sein, dass die Unterschiede im Achsenverhältniss des südnorwegischen und des grönländischen Columbit nur ganz gering sein dürften, was auch durch meine Messungen bestätigt scheint². Geringe Unterschiede der entsprechenden Winkelwerthe der grönländischen und der norwegischen Columbite dürften sicher vorhanden sein, dieselben mit Sicherheit genau zu fixiren erlaubten die Messungen aber nicht, da grössere Unterschiede zwischen den an jedem einzelnen der Vorkommnisse erhaltenen Winkelwerthen vorhanden waren, als zwischen denjenigen der grönländischen Krystalle auf der einen und der norwegischen auf der anderen Seite.

¹ Zeitschr. f. Kryst. B. XII, S. 271.

² Es ist überflüssig zu bemerken, dass die sehr bedeutenden Abweichungen der Schrauf'schen Messungen und des daraus abgeleiteten (durch die Methode der kleinsten Quadrate berechneten!) Achsenverhältnisses ausschliesslich auf die ungenügende Beschaffenheit der von ihm gemessenen Krystalle zu beziehen sind,

64

Zum näheren Vergleich mit anderen Columbitvorkommen empfiehlt es sich, zuerst die chemische Zusammensetzung der untersuchten norwegischen Krystalle zu erwähnen.

Schon die vorliegenden Bestimmungen über das specifische Gewicht der norwegischen Columbite schienen zu beweisen, dass dieselben durchgehends nur einen verhältnissmässig geringen Gehalt an Tantalsäure enthalten dürften.

Für die schwersten Columbite von Smålenene fand ich das sp. Gew. = 5.70; für ganz reinen frischen Columbit von Tangen bei Kragerö fand Milch (l. c. S. 163) 5.45. Für Columbite von Änneröd und Fuglevik in Smålenene, welche von Blomstrand analysirt wurden, wurde von Blomstrand übereinstimmend der Werth 5.32 1 gefunden, während für den Columbit von Ivigtut ein sp. Gew. von 5.37 (Oesten), 5.40-5.42 (Müller) und 5.395 (Blomstrand), also sehr nahe 5.40 gefunden wurde.

Die beiden Analysen Blomstrands, welche sür die vorliegende Untersuchung ausgeführt wurden und früher nicht publicirt sind, ergaben die unten unter II und III angeführten Resultate; zum Vergleich sind (nach Dana) unter I die Analyse Blomstrand's von dem Columbit von Ivigtut, ferner unter IV die Analyse O. D. Allen's von dem Columbit von Standish in Maine, unter V die Analyse Tamura's von dem Columbit von Yamano, in Japan 2, ferner unter VI die Analyse Blomstrands von dem Manganotantalit von Sanarka nebenbei angeführt.

| I | 11 | 111 | IV | v | VI |
|--------------------------------------|---------|----------|----------|--------|---------|
| Ivigtut | Ånneröd | Fuglevik | Standish | Yamanö | Sanarka |
| Nb ₂ O ₅ 77.97 | 72.37 | 71.38 | 68.99 | 57.95 | 4.47 |
| Ta ₂ O ₅ — | 5.26 | 5.87 | 9.22 | 22.19 | 79.81 |
| SnO ₂ o.73 | 0.67 | 0.51 |) | 0.49 |) |
| SiO ₂ — | _ | 0.17 | 1.61 | _ | 0.67 |
| WO ₈ o.13 | _ | | J | Spur | J |
| ZrO ₂ o.13 | | _ | _ | _ | |
| FeO 17.33 | 15.04 | 15.86 | 16.80 | 18.01 | 1.17 |
| MnO 3.28 | 5.97 | 5.33 | 3.65 | 7.06 | 13.88 |
| PbO 0.12 | | | | | |
| CaO Spur | o.58 | 0.80 | | 1.13 | 0.17 |
| MgO o.23 | - | _ | _ | 0.26 | |
| Glühverlust — | _ | 0.12 | | | 0.16 |
| 99.92 | 99.89 | 100.04 | 100.27 | 99.89 | 100.33 |
| Sp. G. 5.40 | 5.32 | 5.32 | 5.65 | - | 7.30 |

¹ Dieser Werth ist wahrscheinlich etwas zu niedrig; eine frühere Bestimmung von mir von dem Columbit von Anneröd 5.42 dürste richtiger sein.

² Tsunashiro Wada. Minerals of Japan. Tokyo 1904, S. 83.

Vergleichen wir nun die Achsenverhältnisse und die wichtigsten Winkel der Columbite von Smålenene (und des damit nahezu identischen von Ivigtut) und von Standish mit einander und mit denjenigen des Columbit von Ishikawayama, sammt mit dem des Manganotantalit von Sanarka 1.

```
Anneröd . . . a:b:c = 0.40093:1:0.35867
Standish . . . -*- = 0.40234 : 1 : 0.35798
Ishikawayama . --- = 0.40572 : 1 : 0.35734
        ... = 0.39879:1:0.35052
```

Das Achsenverhältniss des Columbit von Ishikawayama habe ich nach Wada's Messungen berechnet unter Zugrundelegung seiner Werthe

a: e =
$$(100)$$
: (201) = 29° 35′
g: g' = (110) : $(1\overline{10})$ = 44° 10′

Für den Manganotantalit von Sanarka habe ich nach Arzruni's vollständig angeführten Messungen das Achsenverhältniss berechnet unter Zugrundelegung der Werthe:

$$k: c = (011): (001) = 19^{\circ} 19'$$

 $u: 'u = (111): (1\overline{1}1) = 29^{\circ} 30'$

Die folgende Winkeltabelle lehrt, wie die Winkel der obengenannten Vorkommen gegenseitig abweichen:

| | Ånneröd | Standish | Ishikav | vayama | San | arka |
|---------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|------------|-----------------|
| | | | Berechnet | Gemessen | Berechnet | Gemessen |
| (201) : (100) | . 29° 12' | 29° 20' | | 29° 35' | 29° 38' | |
| (201) : (201) | . 121° 36' | 121° 20′ | 1 20° 50' | | 120° 4' | |
| (110): (100) | . 21° 51' | 21° 55' | 22° 5′ | | 21°44½' | |
| (IIO): (IIO) | 43° 42′ | 43° 50' | | 44° 10' | 43° 29' | |
| (130): (100) | . 50° 15½' | 50° 21½' | 50° 35 1′ | | 50° 6′ | |
| (130) : (130) | . 100° 31' | 100° 43' | 1010113 | 1 00° 50 ' | 100° 12' | |
| (011) : (010) | . 70° 17' | 70° 18∤' | 70° 20' | | 70° 41′ | 70° 54' |
| (011) : (001) | . 19° 43′ | 19° 41 3 ′ | 19° 40' | | | 19° 19' |
| (111) : (010) | . 75° 2½' | 75° 2' | 74° 59½' | 75° 10' | 75° 15' | |
| (111): (111) | . 29° 55' | 29° 57′ | 29° 40' | | | 29° 30' |
| (111): (100) | · 49° 55½' | 50° 3' | 50° 19 3 ' | | 50° 19¼' | 50° 3 – 50° 6' |
| (111): (111) | . 80° 9' | 79° 54' | 79° 20½' | | 79° 21½' | |
| (111): (001) | . 43° 56½' | 43° 48' | 43° 32 1 ′ | | 43° 25' | 43° 29' |
| (211): (010) | . 80° 4½′ | 80° 3' | 80° oʻ | | 80° 10' | |
| (211): (211) | . 19° 51' | 19° 54' | $20^{\circ} \frac{1}{2}'$ | 20° 0' | 190 3924 | |
| (211) : (100) | . 30° 42′ | 30° 50' | 31° 5' | | 31° 4' | 31° 12‡' |
| (211): (211) | . 118° 36 ′ | 118° 20' | 117° 50' | | 117° 52′ 1 | 17°35′ (62°25′) |
| (211) : (001) | . 61° 17' | 61° 9' | 60° 55' | | 60° 47' | 61° 7' |

¹ A. Arzruni. Verhandl. d. k. russ. min. Ges. zu St. Petersburg B. 23, S. 188 (1887). Vid.-Selsk. Skrifter. I. M.-N. Kl. 1906. No. 6.

Wie man sieht, bilden die Winkelwerthe der drei Columbite (sowie ihre Achsenverhältnisse) regelmässige Serien; da sie sich chemisch wesentlich durch das Verhältniss des Ta₂O₅ zu Nb₂O₅ unterscheiden ¹, dürste es wahrscheinlich sein, dass mit der Zunahme des Ta₂O₅-Gehaltes die c-Achse abnimmt, die a-Achse zunimmt.

Für den Manganotantalit von Sanarka ist das Verhältniss weniger einfach, weil hier gleichzeitig ein grosser Unterschied im Mangangehalt sich geltend macht. Auch dürfte die Beschaffenheit der Krystalle desselben nach Arzruni's Messungen zu urtheilen kaum so genaue Resultate erlaubt haben, dass ein näherer Vergleich hier mit Sicherheit möglich ist. Auch hier scheinen doch die Messungen z. Th in derselben Richtung, wie innerhalb der Fe-Columbitreihe zu zeigen.

In kurzer Zusammenfassung der krystallographischen Eigenthümlichkeiten des Columbit der südnorwegischen Vorkommnisse sehen wir, dass derselbe durchgehends mit gewöhnlichen Columbittypen der granitischen Pegmatitgänge von früher bekannten Vorkommnissen (wie z. B. Bodenmais, Miask, Haddam, Standish, Middeltown etc.) übereinstimmt.

Von den auftretenden Formen (siehe oben unter 1. Ånneröd) kommen in der Regel nur die Pinakoide und die Vertikalprismen, ferner \201\(\rangle\), \111\(\rangle\) und \211\(\rangle\) vor; die übrigen Formen sind nur mehr ausnahmsweise und vereinzelt beobachtet worden.

Die Krystalle sind wohl durchgehends mehr oder weniger ausgezogen nach der Vertikalachse; auch pflegen die beiden Pinakoide 1010 und 1000 aufzutreten, obwohl 1000 nicht selten fehlt (z. B. Tangen b. Kragerö). Die Basis 1001 ist theils am Ende vorherrschend (so an den meisten Vorkommen in Smålenene), theils vollständig oder beinahe vollständig fehlend. Im letzteren Falle herrscht die Pyramide 1111 vor; die Krystalle sind dann gewöhnlich mehr langprismatisch (Kragerö), oder auch dicktafelig oder sogar dunn linealförmig nach 1010 nach der Vertikalachse ausgezogen und sehen dann oft polykrasähnlich aus (Elvestad, Lorebö etc.). Wir können demnach namentlich folgende Haupttypen des Columbit der norwegischen Pegmatitgänge unterscheiden:

¹ Ich setze dabei voraus, dass die Analyse des japanischen Columbit von Yamanö ungefähr der Zusammensetzung des Columbit von Ishikawayama entspricht, was allerdings unsicher ist.

- a) Kürzere, mehr oder weniger dicke, bisweilen ganz kurz gedrungene Krystalle mit vorherrschender Basis am Ende (z. B. Halvorsröd, Karlshus, Röstöl, Kure etc.). Siehe Fig. 1—4, Tab. II.
- b) Ausgezogene, öfters linealförmige Krystalle, mit vorherrschender Pyramide | 111 | am Ende (z. B. Ånneröd, Huggenæskilen, Kragerö, Elvestad etc.). Siehe Fig. 8 und 11, Tab. II.

Andere Ausbildungen bilden mehr zufällige Abweichungen oder Übergänge dieser Hauptvariationen. Die beigefügten Figuren illustriren einigermassen die wechselnde Ausbildung.

Krystalle, welche beide Enden der Vertikalachsen ausgebildet haben (z. B. Ånneröd, Elvestad, Kragerö etc.), zeigten als Resultate der Untersuchung des ganzen Materiales von norwegischen Vorkommen (mehr als Hundert Krystalle) durchgehends in der Hauptsache dieselbe Ausbildung. Die Durchmusterung von etwa Hundert kleinen Krystallen von Columbit von Ivigtut zeigten dasselbe; ungleichmässige Ausbildung der verschiedenen Flächen derselben Krystallformen zeigte sich zwar sehr häufig, nicht aber in so regelmässiger Weise, dass daraus auf eine geringere Symmetrie als die rhombische bipyramidale geschlossen werden konnte. Eine genaue Revision der Messungen erlaubte auch nicht, eine geringere Symmetrie als die rhombische (bipyramidale) anzunehmen.

Ich bin somit in dieser Beziehung zu demselben Resultat als Prof. E. S. Dana (l. c. S. 271) gekommen; ich kann mich deshalb nicht der Auffassung Prof. Milch's anschliessen, dass der Columbit etwa eine rhombische bisphenoidische Symmetrie besitze. Die von ihm beobachteten Flächenvertheilungen und Ätzerscheinungen müssen nach meiner Erfahrung auf zufällige Unregelmässigkeiten in der Ausbildung zu beziehen sein.

Zwillinge des Columbit wurden, wie oben erwähnt, an dem norwegischen Columbit nach folgenden Gesetzen beobachtet:

- 1. Das gewöhnliche Zwillingsgesetz des Columbit: Zwillingsebene eine Fläche von e 2014. Es wurde dies Gesetz an Krystallen von Ånneröd (Fig. 9, Tab. II) und namentlich häufig an denjenigen von Tangen bei Kragerö (Fig. 5, Tab. II) beobachtet.
- Zwillingsebene eine Fläche von {203{; ein einziges Exemplar von Kure in Rygge (Fig. 10, Tab. II) beobachtet. Die beiden c-Achsen bilden bei diesem Gesetz mit einander einen Winkel von 118° 20'.
- 3. Zwillingsebene eine Fläche von \501\; wurde nur an einem einzigen Exemplar von Kjersund in Våler beobachtet.
- 4. Zwillingsebene eine Fläche von \150\; an einem einzigen Exemplar von Ånneröd beobachtet (siehe meine frühere Beschreibung, l. c. S. 361; von dieser Beschreibung ist auch die Fig. 4, Tab. III reproducirt).

Von diesen Zwillingsgesetzen ist namentlich das erste von Interesse, durch die Ausbildung desselben an den Krystallen von Tangen bei Kragerö, wo nach |010| dicktaselige pseudohexagonale Drillinge nach diesem Gesetz nachgewiesen wurden.

Krystallographische Verwandtschaftsbeziehungen des Columbit zum Kalisalpeter und Aragonit.

Diese Drillinge (Tab. II, Fig. 6 & 7) mussten ganz natürlich die Frage von einer eventuellen Homoiomorphie des Columbit mit dem Kalisalpeter veranlassen. Chemisch sind die beiden Verbindungen

$$V$$
 Fe[NbO₈]₂ und K_2 [NO₈]₂

ja sehr nahe analog zusammengesetzt. Es läge dann auch nahe daran zu denken, dass die Drillinge des Columbit nach \201\ mit den Drillingen des Kalisalpeters nach \110\ analog sein könnten und darnach einen Vergleich der Columbitkrystalle mit den Kalisalpeterkrystallen zu versuchen.

Nimmt man nun das Makrodoma |201| Schraufs am Columbit als Prisma |110|, das Brachydoma h |021| des Columbit auch in der neuen Stellung als |021|, indem die c-Achse als b-Achse und die b-Achse als c-Achse genommen werden, setzt sich das Achsenverhältniss des Columbit um in:

$$a':b':c'=0.55891:1:0.6970,$$

während das Achsenverhältniss des Kalisalpeters nach Miller =

$$a:b:c = 0.5910:1:0.7011$$

ist. Ferner sind die Winkel nach der neuen Stellung des Columbit mit denjenigen des Kalisalpeters verglichen:

```
Columbit Kalisalpeter

e: e, (110): (1\overline{10}) \cdots 58° 24' p: 'p (110): (1\overline{10}) \cdots 61° 10' (Miller) \cdot 60° 36' (Rammelsberg)

i: i, (120): (1\overline{20}) \cdots 96° 22' 2p: 2p (120): (1\overline{20}) \cdots 99° 32'

k: 'k (041): (04\overline{1}) \cdots 39° 26' q4: q4 (041): (04\overline{1}) \cdots 39° 10'

h: 'h (021): (02\overline{1}) \cdots 71° 18' q2: q2 (021): (02\overline{1}) \cdots 71° 0'

t: t, (111): (1\overline{11}) \cdots 47° 7' \quad \cdots '0 \cdot (111): (1\overline{11}) \cdots 48° 38'

t: 't (111): (111) \cdots 91° 18\overline{3}' \quad \cdots 0: 0' (111): (111) \cdots 88° 20'

t: t' (111): (111) \cdots 69° 59' \quad \cdots 0: 0, (111): (111) \cdots 65° 41'
```

Die Formen des Columbit setzen sich dabei in folgender Weise um:

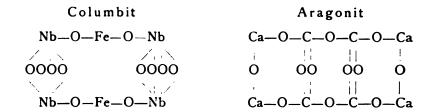
entsprechend den bei dem Kalisalpeter bekannten Formen. Diese Formen sind beim Kalisalpeter die herrschenden, und ausser denselben sind bei diesem nur ganz wenige andere bekannt; Rammelsberg führt ausserdem nur die Form |011| an, welche beim Columbit (nach Schrauf's Stellung) einer nicht beobachteten Form |041| entsprechen würde.

Die Zone |010|: |001| des Kalisalpeters entspricht somit auch den Winkelwerthen nach sehr nahe der Zone der Brachydomen beim Columbit; die Vertikalzone des Kalisalpeters mit der Drillingsbildung nach |110| — mit Ausbildung pseudohexagonaler Drillinge —, entspricht der Makrodomenzone des Columbit mit Drillingsbildung nach |201|. Diese nahen Analogien können in Betracht der analogen chemischen Zusammensetzung nicht zufällig sein, sondern müssen als homoiomorphe (morphotropische) Verwandtschaftsbeziehungen gedeutet werden.

Den Hauptzonen des Columbit entsprechende Zonen finden sich auch und z. Th. ebenso charakteristisch ausgebildet beim Aragonit, wo der Zone e, n, s, π , t eine flächenreiche Zone hoher Pyramiden entspricht, während eine ebenso flächenreiche Brachydomenzone der Brachydomenzone des Columbit entspricht. Die Drillingsbildung nach \110\{\text{ ist wie bekannt auch bei dem Aragonit und bei den übrigen mit diesem homoiomorphen Carbonaten von Ba, Sr und Pb charakteristisch ausgebildet.

Aus unten näher anzugebenden Gründen dürfte es vielleicht wahrscheinlich sein, dass das Molekül des Columbit wenigstens als Fe₂[NbO₈]₄ aufzufassen sei. Sein Molekülarvolumen wäre dann etwa 126. Wenn wir daraus eine Schlussfolgerung auf die Grösse des Moleküls beim Aragonit ziehen dürften, wäre das Molekülarvolumen für den Aragonit Ca₄[CO₈]₄ = 136 (Sp. Gew. 2.95).

Nehmen wir, um einen näheren Vergleich besser zu veranschaulichen, für die beiden Mineralien die folgenden Constitutionsformeln an (siehe weiter unten):



Ob diese Annahme berechtigt ist, muss dahinstehen; es zeigt sich nämlich zwischen den Molekülarvolumen der rhombischen Carbonate RCO₈ eine ziemlich geringe Übereinstimmung, sowie auch zwischen dem Molekülarvolumen des Aragonit und demjenigen des Kalisalpeters ¹. Da die Molekülarvolumen des Kalisalpeters und des Witherit indessen nahe übereinstimmen, und jedenfalls der Witherit und der Aragonit als homoiomorph angesehen werden müssen, scheint es unbedenklich, auch den Kalisalpeter als $K_4[NO_3]_4$ aufzufassen, in dem Falle, dass der Aragonit als $Ca_4[CO_8]_4$ (oder als $(Ca_2O)_2$. $[C_2O_6]_2$?) aufgefasst werden könnte:

Wenn man den Kalisalpeter (mit Molekularvolumen 97, resp. 194) mit dem Aragonit (mit Molekularvolumen 68, resp. 136) als homoiomorph ansehen kann, dann muss deswegen auch der Columbit (mit Molekularvolumen 63, resp. 126) mit beiden als homoiomorph angesehen werden können; wenn man vielleicht nicht den Begriff Homoiomorphie so weit ausdehnen möchte, lässt sich jedenfalls nicht leugnen, dass der Columbit zu diesen Mineralien nahe morphotropische Relationen erweist.

¹ Für die rhombischen Carbonate von Ca, Br, Sr und Pb sowie für KNO₈ wären die Molekülarvolumen für:

| Sp. Gew. | v | v |
|----------------------------------|----|---|
| $Ca_{2}[CO_{3}]_{2}2.95$ | 68 | Ca ₄ [CO ₈] ₄ 136 |
| $Ba_{2}[CO_{3}]_{3} \dots 4.277$ | 92 | Ba ₄ [CO ₈] ₄ 185 |
| $Sr_2[CO_3]_2 \dots 3.714$ | So | Sr ₄ [CO ₈] ₄ 159 |
| $Pb_{2}[CO_{8}]_{2} \dots 6.574$ | 81 | Pb ₄ [CO ₈] ₄ 162 |
| $K_2[NO_3]_2 \dots 2.09$ | 97 | K ₄ [NO ₈] ₄ 194 |

Krystallographische Verwandtschaftsbeziehungen des Columbit zu anderen Mineralien.

Brookit.

Die nahen Beziehungen des Columbit zum Brookit habe ich schon bei einer früheren Gelegenheit auseinandergesetzt1; ich werde dieselben auch hier kurz resumiren.

Die Achsenverhältnisse beider Mineralien sind bei analoger Aufstellung:

```
Columbit a:b:c = 0.40093:1:0.35867
          a':b':c'=0.39608:1:0.37405.
Brookit
```

Die Übereinstimmung der Winkel ergiebt sich aus der folgenden Zusammenstellung:

| Brookit | Columbit | | | |
|--|-----------------------------------|--|--|--|
| m: m'(130): (130) 99° 50′ | m : m' 100° 31′ | | | |
| $1:1'\ldots(160):(1\bar{6}0)\ldots134^{\circ}21\frac{1}{2}'$ | $y: y' \dots 134°51'$ | | | |
| t : t' (201) : (201) 124° 12′ | e: e'121° 36' | | | |
| $\delta: \delta' \ldots (101): (\tilde{1}01) \ldots 86^{\circ} 43\frac{1}{2}'$ | i : i' 83° 38' | | | |
| $x : x' \dots (032) : (\overline{032}) \dots 58^{\circ} 35\frac{1}{2}'$ | f : f' 56° 34′ | | | |
| $o: o' \dots (131): (\overline{131}) \dots 78^{\circ} 25'$ | o: o' 77° 27' | | | |
| o: 'o (131) : (131) 64° 17' | o: 'o 62° 41 1 | | | |
| $o: o, \ldots (131): (13\overline{1}) \ldots 68^{\circ} 34'$ | o:o,71° 6′ | | | |
| $n : n' \dots (231) : (2\overline{31}) \dots 55^{\circ} 24'$ | $\pi:\pi'\ldots 55^{\circ}24'$ | | | |
| n: 'n (231) : $(\bar{2}31)$ $102^{\circ} 58\frac{1}{2}$ | $\pi: '\pi \dots 101^{\circ} 24'$ | | | |
| $n: n, \ldots (231): (23\overline{1}) \ldots 51^{\circ} 24'$ | $\pi:\pi,\ldots51^{\circ}11'$ | | | |

Die genannten Formen |130| . |201| . |101| . |032| . |131| . |231| sind bei beiden Mineralien beobachtet und z. Th. herrschende Formen (neben den gemeinsamen Pinakoiden).

Auch die typische taselsörmige Ausbildung des Brookit an vielen alpinen Vorkommen erinnert an die gewöhnlichen tafelförmigen Columbittypen der Pegmatitgänge; der tafelförmige alpine Brookittypus ist auch in der That typologisch mehr verschieden von dem Arkansittypus, als von manchen taselsörmigen Columbiten. Auch die Winkeldifferenzen bei entsprechenden Formen des Columbit und des Brookit sind geringer als bei manchen Mineralien, welche ganz allgemein als isomorph angesehen werden.

¹ Der den Mossite etc. Krist. Vid.-Selsk. Skrifter, 1897, No. 7, S. 16-17.

Auf der anderen Seite kann nicht unerwähnt gelassen werden, dass zu der häufig herrschenden Pyramide e des Brookit keine entsprechende Form beim Columbit bekannt ist, und dass ebenfalls umgekehrt beim Brookit keine der herrschenden Columbitpyramide u entsprechende Form bekannt ist. Obwohl diese Unterschiede nicht unbedeutend sind, scheint dennoch die Ähnlichkeit in der Ausbildung und in den Achsenverhältnissen beider Mineralien so bedeutungsvoll, dass es in Betracht der vollkommenen Analogie der Krystallform der tetragonalen Modifikationen derselben, des Rutil auf der einen und des Mossit (resp. Tapiolith) auf der anderen Seite sehr wahrscheinlich ist, dass auch die Analogien der rhombischen Glieder eine reelle Bedeutung haben. Diese Auffassung wird auch namentlich dadurch bestätigt, dass erstens die krystallographisch dem Columbit vollkommen entsprechenden Mineralien der Euxenit-Polykrasreihe in der That aus einer Mischung von Metatitanaten mit Metaniobaten bestehen, und zweitens dadurch, dass wir auch in der tetragonalen Reihe jetzt ein Mineral kennen, in dessen Zusammensetzung ebenfalls Fe[NbO₃]₂ mit FeTiO₈ (und (TiO)TiO₈) zusammen eingeht, nämlich den Ilmenorutil.

Holframit.

Schon längst haben G. Rose u. a. die krystallographischen Analogien des Wolframit mit dem Columbit erkannt; mehrere Wolframitanalysen zeigen auch einen ganz geringen Gehalt von Nb₂O₅ oder Ta₂O₅ ¹, was durch eine kleine Einmischung der Columbitsubstanz oder der Tantalitsubstanz erklärt werden dürfte.

Das Achsenverhältniss des Wolframit ist (nach Des Cloizeaux):

a:b:c =
$$0.8300$$
:1:0.86781, β = 89° 21.6'.

Werden die a-Achse und die b-Achse vertauscht, setzt sich dies um in

$$a':b':c'=1.2048:1:1.0455, \alpha=89^{\circ}21.6'$$

oder durch Theilung der Werthe für a' und c' mit 3

$$a'':b'':c''=0.4016:1:0.3485; \alpha=89^{\circ}21.6',$$

während das Achsenverhältniss des Columbit ist:

$$a:b:c = 0.40093:1:0.35867.$$

Einige der häufigsten Formen des Wolframit setzen sich dabei in folgender Weise um:

¹ Siehe z. B. Rammelsberg »Mineralchemie«, II (1875), S. 288-289.

| Wolframit | Entspr. Formen d. Columbit |
|----------------------------------|----------------------------|
| a 100 zu 010 | b 010 |
| b 010 » 100 | a \100{ |
| m 110 » 130 | m {130} |
| f 011 » 101 | i }101} |
| k 023 " 203 1 | q 203 1 |
| w 021 » 201 | e {201} |
| t 102 • 032 | f 032 |
| y 102 " 032 | l |
| 0 [11] » [131] | { o }131{ |
| ω {111} » {131} | l |
| s {121} » {231} | $\{\pi \mid 231\}$ |
| $\sigma 121 \Rightarrow 231 $ | Į |

Die nahe Übereinstimmung der Winkel ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung (die Wolframitkrystalle auf das Verhältniss a": b": c" berechnet):

| Wolframit | Columbit | | | |
|--|---|--|--|--|
| $m : m' (130) : (\overline{130}) 100° 37'$ | m:m'100°31′ | | | |
| f : f' (101) : (101) 81°54' | i : i' 83° 38′ | | | |
| $k : k' (203) : (\overline{2}03) \dots 60^{\circ} 6'$ | q ; q' 61° 40′ | | | |
| $w: w'(201): (\overline{201}) \dots 120^{\circ} 6'$ | e: e'121°36' | | | |
| $t : a (\bar{032}) : (\bar{010}) 61^{\circ}43'$ | f:b{ 61°54′ | | | |
| y: a' (032): (010) 62°54' | Į | | | |
| $o: o' (131): (\tilde{1}31) \dots 62^{\circ} 11\frac{1}{2}'$ | o: o'{ 62°41' | | | |
| $\omega:\omega'$ $(\bar{131}):(\bar{131})$ $61^{\circ}38'$ | Į | | | |
| o: a (131): (010) 52° 0′ | o: b $\left\{\begin{array}{c} 51^{\circ} 16\frac{1}{2}' \end{array}\right.$ | | | |
| $\omega : a' (\bar{131}) : (\bar{000}) \dots 51^{\circ} 24'$ | Į | | | |
| $s : s' (231) : (\bar{2}31) \dots 100^{\circ} 4'$ | $\pi:\pi'\ldots$ [$101^{\circ}24'$ | | | |
| $\sigma: \sigma' (1\overline{3}1): (\overline{23}1) \ldots 100^{\circ} 3'$ | Į | | | |

Auch der Habitus der Krystalle stimmt ziemlich gut. Besonders bemerkenswerth ist es, dass die Fläche k des Wolfram, ebenso wie die Fläche q des Columbit ausschliesslich als Zwillingsfläche bekannt ist.

Dass der Wolframit monoklin, der Columbit rhombisch ist, ist kein grösserer Unterschied als wir bei vielen anderen Mineraliengruppen finden, bei welchen die Verwandtschaft nicht zweiselhaft ist, so z. B. innerhalb der Pyroxengruppe, welche wie bekannt rhombische, monokline und trikline Glieder umfasst.

¹ Nur als Zwillingsfläche bekannt.

Olivin.

In einer neuerdings erschienenen Arbeit hat G. Tschermak den Olivin als ein Metasilikat 1 constatirt, von der Zusammensetzung: (Mg₂O). SiO₈ oder:

Diese wichtige Entdeckung Tschermak's wirst nach vielen Seiten neues Licht nicht nur über die Aussaung der Stellung der chemischen Analogien zu der Frage über die homoiomorphen Beziehungen der Krystalle überhaupt, sondern auch für viele einzelnen Fragen. Dieselbe scheint auch für die Erklärung der krystallographischen Verwandtschaftsbeziehungen, mit denen wir uns in dieser Abhandlung beschäftigen, verwerthet werden zu können.

Der Olivin ist geometrisch offenbar mit dem Columbit, sowie mit dem Brookit und dem Pseudobrookit verwandt. Die Olivintafel entspricht, in der gleichen Weise gestellt, der Tafel des Brookit, sowie derjenigen des Pseudobrookit und des Columbit; mehrere Hauptformen sind dabei gemeinsam, und Winkel und Achsenverhältnisse nicht mehr abweichend, als sonst bei homoiomorphen Mineralien bekannt. Das häufigste und am meisten charakteristische Zwillingsgesetz des Columbit, nach e \$201\{, kommt bei gleicher Stellung auch am Olivin vor (nach h), bei beiden ausnahmsweise mit Ausbildung pseudohexagonaler Drillinge.

Die Achsenverhältnisse sind bei derartiger gleicher Aufstellung für:

Die Form d des Olivin entspricht bei dieser Aufstellung dem Prisma m des Columbit, h entspricht e, k entspricht i, r entspricht h und f entspricht o. Die Winkel entsprechen einander in folgender Weise:

¹ »Metasilikate und Trisilikate«. Sitzber. d. Wien. Akad. Math.-naturw. Kl. Bd. CXV, Febr. 1906; S. 10.

| $h : h = 60^{\circ} 47'$ | $e : e = 58^{\circ} 24'$ |
|--------------------------|------------------------------------|
| $k : k = 80^{\circ} 54'$ | $i : i = 83^{\circ} 38'$ |
| $r: r = 71^{\circ}11'$ | $h : h = 71^{\circ}18'$ |
| $d: d = 76^{\circ} 54'$ | $m : m = 79^{\circ} 29'$ |
| $f : f = 78^{\circ} 30'$ | $o: o = 77^{\circ} 27'$ |
| $f : f = 72^{\circ} 13'$ | $o:o=71^{\circ}6'$ |
| $f : f = 60^{\circ} 19'$ | $o: o = 62^{\circ} 41\frac{1}{2}'$ |

Brookit und Pseudobrookit sammt Hübnerit etc.

Ein ähnlicher Vergleich konnte für die übrigen genannten Mineralien durchgeführt werden.

Es ist nun von Interesse, dass auch der Pseudobrookit wie der Olivin ganz allgemein als eine Orthoverbindung angesehen worden ist, obwohl die krystallographische Übereinstimmung mit dem Brookit, welcher eine Metaverbindung sein muss, dagegen zu sprechen schien, nicht weniger als ein Gehalt an MgO in mehreren Pseudobrookitanalysen, welcher auch auf eine Verbindung MgTiO₈ zu deuten schien 1. Durch den Vergleich mit dem Olivin scheint nun hier eine Erklärung der Zusammensetzung des Pseudobrookit möglich, welcher einerseits den krystallographischen Verwandtschaftsbeziehungen desselben, auf der anderen Seite der chemischen Stellung des Minerals Genüge zu thun scheint.

Die empirische Zusammensetzung des Olivin Mg_2SiO_4 muss, wie oben erwähnt, nach Tschermak als eine Verbindung $[Mg_2O]_2$. $[SiO_3]_2$ gedeutet werden; in ähnlicher Weise lässt sich dann der Pseudobrookit IV $F_4Ti_3O_{12}$ als eine Verbindung: $[Fe_2O]_2$. $[TiO_3]_2$. TiO_4 deuten. Die Analogie lässt sich durch folgende Constitutionsformeln veranschaulichen:

In Lattermann's Analyse des Pseudobrookit vom Katzenbuckel 4.53 % MgO; nach III dieser Analyse würde der Pseudobrookit empirisch bestehen aus: MgTiO₈ + nFe₄. Ti₈O₁₂. Nach Cederström's Analyse des von mir entdeckten Pseudobrookit aus Havredal, III Bamle, Norwegen, sollte derselbe bestehen aus Fe₄Ti₈O₁₂.

In ähnlicher Weise dürste dann auch der Brookit wohl als eine Verbindung $(Ti_2O_3)_2$. $[TiO_3]_2$ aufgefasst werden, wobei die zweiwerthige Gruppe (TiO) im Brookit einem zweiwerthigen Mg-Atom im Olivin entspricht.

In ähnlicher Weise müsste dann auch die Zusammensetzung des Columbit vielleicht gedeutet werden können als Fe₂[NbO₃]₄ nämlich:

eine Constitutionsformel, welche noch einer rhombischen Symmetrie entsprechen könnte, während der nahe verwandte monokline Wolfram vielleicht der Formel [(Fe, Mn)₂O]₂. [W₂O₇]₂ entspricht, ebenso wie der Hübnerit der Formel $(Mn_2O)_2 \cdot [W_2O_7]_2$:

Es verdient bei dieser Zusammenstellung des Olivin mit den Mineralien der Brookitreihe noch daran erinnert zu werden, dass auch im Olivin selbst TiO₂ eingeht ¹.

Valentinit und Claudetit.

Krystallographische Analogien mit dem Columbit bieten endlich auch noch die Verbindungen:

Valentinit Sb₂O₃ mit dem Achsenverhältniss:

$$a:b:c=0.3914:i:0.3367$$

Claudetit As₂O₃ mit dem Achsenverhältniss:

a : b : c = 0.4040 : 1 : 0.3445

$$\beta = 93^{\circ} 57'$$

Für den Valentinit könnten wir dann vielleicht (??) die folgende Constitutionsformel annehmen:

Der Typus der Krystalle erinnert zum Th. etwas an die Columbittasel; doch ist keine nähere Übereinstimmung vorhanden.

Pinakiolith und Chrysoberyll.

In einer früheren Arbeit 2 versuchte ich die Wahrscheinlichkeit einer krystallographischen Analogie (einer morphotropischen Beziehung) des Olivin zu den Mineralien der Chrysoberyll-Diaspor-Gruppe, sowie zum Pinakiolith (und Ludwigit) nachzuweisen.

Der Pinakiolith hat nun die Zusammensetzung: (Mg_2O) . Mn.B.O₄; wird diese empirische Formel zum Vergleich mit dem Olivin verdoppelt, erhält man die Zusammensetzung $(Mg_2O)_2$. Mn₂.B₂.O₈, welche auch geschrieben werden könnte: $(Mg_2O)_2$. $(MnO)_2$. $[BO_3]_2$, während der Olivin nach Tschermak's Annahme = $(Mg_2O)_2$. $[SiO_3]_2$ wäre.

Man hätte dann für den Pinakiolith folgende mit der Constitutionsformel des Olivin analoge Formel:

¹ Siehe namentlich die neueste Untersuchung des Titanolivin durch L. Brugnatelli. Zeitschr. f. Kryst. B. 39, S. 212, wo sich eine Zusammenstellung findet. Der Gehalt an TiO₂ geht auf 5 bis 6 ⁰/₀ hinauf.

² W. C. Br. Der die morphotropischen Beziehungen des Pinakiolith und des Trimerit zu verwandten Mineralien e. Zeitschr. f. Krystall. B. XVIII, S. 377 ff.

Für den Chrysoberyll könnte, bei Vierdoppelung der empirischen Formel Be. Al₂O₄, entsprechend die Constitutionsformel (Be₂O)₂. [(AlO)₄O₅]₂ (gewissermassen an diejenige des Olivin erinnernd) gedacht werden:

In wie weit diesen Analogien irgend welche Bedeutung zugeschrieben werden darf, kann selbstverständlich nur durch künftige eventuelle Bestimmung der Grösse der Krystallmoleküle entschieden werden.

Pucherit.

Endlich würde es noch nahe liegen, einen Vergleich des Columbit mit dem rhombischen Vanadat, dem Pucherit zu versuchen. Der Pucherit besteht empirisch aus BiVO₄. Wenn diese Zusammensetzung als ein Orthovanadat von Bi gedeutet werden sollte, hätte man am nächsten eine mit derjenigen des Fergusonit YNbO₄ analoge tetragonale Krystallform erwarten müssen. Da der Pucherit nun aber rhombisch

krystallisirt, liegt es näher eine Verwandtschaft mit dem Columbit zu vermuthen, welche auf eine Zusammensetzung (BiO)₄. [VO₃]₄ deuten würde.

Für die Aufstellung des Pucherit zum näheren Vergleich mit dem Columbit orientirt erstens die Angabe Websky's, dass die Pucheritkrystalle gewöhnlich tafelartig nach seiner Fläche c |001|, und dass die Flächen von e |122| parallel zur Combinationskante mit dieser Fläche gestreift sind; die Columbitkrystalle sind gewöhnlich tafelartig nach den Flächen von b |010| nach der oben gewählten Schrauf'schen Stellung und die Flächen von u |111| sind gestreift parallel zur Combinationskante mit dieser Form.

Wählen wir demnach Webky's Fläche c zu {010}, und seine Fläche e {122} als Grundpyramide {111} — wobei seine Achsen 2 a : b : c sich zu a : b : c umsetzen — erhalten wir das neue Achsenverhältniss:

```
a':b':c'=0.4561:1:0.4281 0.40093:1:0.35867
```

Columbit

Pucherit

Die Formen des Pucherit setzen sich auf dies neue Achsenverhältniss um berechnet in die dem Columbit entsprechenden Formen:

```
Pucherit
          Columbit
a 1000 ==
         a 1100
       = c |001|
b |010|
c |001
       = b |010|
m |110
       =
          e |201
w |O12
       = h |021
       = k |011
X OII
          u | 1111
e |122
```

Nur die Fläche ψ |544| des Pucherit, welche sich in |522| umsetzt, ist nicht bei dem Columbit bekannt.

Die Winkelwerthe entsprechen einander bei dieser Stellung beim Pucherit und beim Columbit in folgender Weise:

```
Pucherit (alte Stellung)
                                                               Columbit
m : m' (110) : (\overline{1}10) . . . 123° 55'
                                                 e : e (201) : (201) . . . 121° 36'
x : x, (011) : (011) . . . 46° 21'
                                                k : k (011) : (011) . . . 39° 26′
w: w, (012): (012)...81^{\circ} 9'
                                                h : h (021) : (021) . . . 71° 18′
 e: e, (122): (122) ... 34^{2} 40'
                                                 u:u"(111):(111) . . . 29°55'
 e : e' (122) : (\overline{1}22) ... 81^{\circ} 35'
                                                u: u'(111): (111) . . . 80° 9'
 e : e''' (122) : (\bar{122}) \dots 88^{\circ} 13'
                                                u: u, (111): (111) . . . . 92° 7'
 n: n, (112): (11\overline{2}) \dots 43^{\circ} 52'
                                                s: s'''(221): (2\overline{21}) \dots 38^{\circ} 35'
 n : n' (112) : (\bar{1}12) ... 109° 55'
                                                 s: s'(221): (\overline{221})...110^{\circ}.57'
 n : n''' (112) : (1\overline{12}) ... 51° 43'
                                                 s: s, (221): (22\overline{1}) \dots 54^{\circ} 50\frac{1}{2}
```

Die Winkeldifferenzen, welche die morphotropische Wirkung der Ersetzung des Fe im Columbit mit (BiO), im Pucherit, und der Niobsäure im Columbit mit Vanadinsäure im Pucherit repräsentiren, sind wie man sieht recht bedeutend, doch nicht grösser als in manchen anderen morphotropischen Gruppen (z. B. Ainigmatit verglichen mit gewöhnlicher Hornblende).

Eine gewisse Verwandtschaft lässt sich nach meiner Auffassung nicht verkennen; namentlich ist die Zone (001): (100) wenig verschieden.

Was nun die Grösse des Moleküls beim Pucherit betrifft, so giebt darüber ein Vergleich der Molekülarvolumen vielleicht einige Auskunft; das Molekülarvolumen ist nämlich für den Pucherit $(BiO)_4$. $[VO_3]_4 = 206$ sp. Gew. 6.249), während dasselbe für den Kalisalpeter $K_4[NO_3]_4 = 194$ ist.

Die Constitutionsformel des Pucherit könnte zum Vergleich mit denjenigen des Columbit und des Kalisalpeters etwa geschrieben werden:

Wenn man auf nähere Übereinstimmung des Molekülarvolumens Rücksicht nehmen wollte, wäre die letztere Formel des Pucherit vielleicht eher vorzuziehen (confr. die Formel des Kalisalpeters, S. 70).

Dass die oben angenommenen Constitutionsformeln für Columbit, Olivin, Brookit, Pseudobrookit etc. einigermassen wahrscheinlich sind, erhält eine gewisse Stütze darin, dass die Molekülarvolumen mehrerer derselben nicht allzu verschieden sind 1 und z. Th. ziemlich nahe übereinstimmen:

| | | | | | Sp. Gew. | v |
|---------------|---|---|---|---|----------|-----|
| Columbit | | | • | $Fe_2[NbO_3]_4$ | . 5.40 | 126 |
| Pseudobrookit | | | | $(Fe_2O)_2 \cdot [TiO_3]_2 \cdot TiO_4$. | . 4.39 | 125 |
| Brookit | • | | | $(Ti_2O_3)_2 \cdot [TiO_3]_2 \cdot \cdot \cdot$ | . 4.00 | 120 |
| Hübnerit | | | | $(Mn_2O) \cdot [W_2O_7]_2 \cdot \cdot \cdot$ | . 7.30 | 166 |
| Pucherit | | | | $(BiO)_4 \cdot [VO_3]_4 \cdot . \cdot .$ | . 6.25 | 206 |
| Aragonit | • | • | | $Ca_4 \cdot [CO_3]_4 \cdot \cdot \cdot \cdot$ | . 2.95 | 136 |

¹ Cfr. G. T. Prior Note on a connexion between the molecular volume and chemical composition of some crystallographically similar minerals. Min. Magazine and Journ of the min. soc. London, Vol. 13, S. 217-223 (London 1903).

| | Sp. Gew. | v |
|---|----------|-----|
| Kalisalpeter $K_4 \cdot [NO_3]_4 \cdot . \cdot .$ | . 2.09 | 194 |
| Pinakiolith $(Mg_2O)_2 \cdot (MnO)_2 \cdot [BO_3]_2$ | . 3.88 | 100 |
| Olivin (Forsterit) $(Mg_2O)_2 . [SiO_3]_2$ | . 3.20 | 88 |
| Chrysoberyll (Be ₂ O) ₂ . [(AlO) ₄ O ₃] ₂ | . 3.70 | 138 |
| Valentinit Sb_2O_3 (?) | . 5.56 | (?) |

Für einige der Glieder sind die Unterschiede in den Molekülarvolumen bedeutend, jedoch nicht viel mehr bedeutend als zwischen Gliedern anderer sicher homoiomorpher Reihen ¹.

¹ So z. B. zwischen Aragonit und Witherit 135 resp. 185 oder zwischen Polianit und Plattnerit 35 resp. 55 u. s. w.

Euxenit; scheerer und Polykras; scheerer.

Der Euxenit wurde zuerst (1840) beschrieben von Th. Scheerer¹. Das Mineral war entdeckt von Prof. B. M. Keilhau, in Jölster, in Söndfjord im westlichen Norwegen (N. Bergenshus Amt), von ihm an Prof. Scheerer zur Untersuchung übergeben und von diesem unter dem Namen Euxenit eingetührt.

Das zuerst unter diesem Namen beschriebene Mineral lag nicht in Krystallen, sondern nur in derben Stücken vor. Es ist demnach sehr unsicher, ob dies Mineral, dessen Vorkommen jetzt nicht mehr bekannt ist, in der That demselben Mineral angehörig gewesen ist, welches jetzt allgemein als Euxenit aufgeführt wird, das erst einige Jahre später (1847) ebenfalls von Scheerer² aus der Umgegend von Tvedestrand³ (an der Südküste Norwegens) zuerst beschrieben, und dessen Krystalle mit dem Euxenit von Jölster identificirt wurden. Ein Vergleich der Zusammensetzung des sogenannten Euxenit von Jölster mit der Analyse z. B. des Blomstrandin⁴ von Arendal zeigt nämlich mit dieser eine so grosse Übereinstimmung, dass es ebenso wahrscheinlich sein dürfte, dass das Mineral von Jölster in der That die Krystallform des Blomstrandin besessen hat.

| | trandin, Arendal Blomstrand) | |
|---------------------------|---------------------------------|-------|
| Metallsäuren 5 | 57.68 | 57.60 |
| Yttererden | 25.62 | 25.09 |
| Ceritoxyde | 2.48 | 3.14 |
| (Fe,Mn)O | 1.73 | _ |
| CaO | | 2.18 |
| MgO | 0.15 | 0.29 |
| (ZnO, PbO, Na_2O, K_2O) | 2.01 | |
| H ₂ O | 2.56 | 3.97 |
| | 99.38 | 98.90 |

¹ Th. Scheerer. JUber den Euxenit, eine neue Mineralspecies«. Pogg. Ann. B. 40, S. 149 (1840).

² Th. Scheerer. **Untersuchung einiger Mineralien, welche tantalsäure-ähnliche Mineralsäuren enthalten. Pogg. Ann. B. 72, S. 566 (1847).

Wie später von D. Forbes u. T. Dahll (Nyt Mag. f. Naturv. B. 8, S. 222; Kristiania 1855) mitgetheilt, war diese Lokalität nicht gerade bei Tvedestrand, sondern zwischen Tvedestrand und Arendal, bei Alve auf der Insel Tromö.

⁴ Uber Blomstrandin siehe weiter unten.

⁵ Nb₂O₅, Ta₂O₅, TiO₂, SnO₂, ZrO₂, ThO₂.

Da die Originalstufen Scheerer's wohl kaum mehr existiren dürften, lässt sich diese Frage nicht mehr sicher entscheiden. In der Zwischenzeit zwischen der Beschreibung des derben (zweiselhaften) Euxenit von Jölster und des (später) typischen, krystallisirten Euxenit von Alve bei Arendal (Tvedestrand, Scheerer) beschrieb nun Pros. Scheerer unter dem neuen Namen Polykras wieder ein als von dem Euxenit verschieden angenommenes Mineral mit ähnlicher Zusammensetzung, von der Insel Hitterö, bei Flekkesjord, an der Südwestecke Norwegens 1. Später sind der Euxenit und der Polykras gewöhnlich als zwei getrennte, verschiedene Mineralspecies ausgeführt worden, — wir werden unten sehen, mit welchem Recht.

Schon Scheerer war (1847) darauf aufmerksam, dass die beiden Mineralien einander sehr nahe stehen müssten. Als er die ersten Krystalle des Euxenit, von Alve bei Arendal, beschrieb, crwähnte er ausdrücklich, dass sie mit den Polykraskrystallen nahe übereinstimmend seien, mit den gemeinsamen Flächen P, ∞ P, ∞ \overline{P} ∞ und 2 \overline{P} ∞ und mit denselben Winkeln (»Prisma 140°, Pyramide 152°«, für beide gleich!). Als Berechtigung einer Trennung der beiden Mineralien Euxenit und Polykras wird deshalb von Scheerer nicht verschiedene Krystallform angeführt; es wird aber weiter bemerkt: »In Farbe, Strich, Härte, Glanz und spec. Gew. stimmen beide Mineralien weniger vollkommen mit einander überein. Zu diesen Verschiedenheiten kommt der Gehalt des Polykrases an Zirkonerde, von welchem Bestandtheil ich im Euxenit keine Spur auffinden konnte. Gleichwohl bedingen diese Differenzen wohl kaum einen grösseren Unterschied, als solcher durch quantitativ verschiedenes Auftreten isomorpher Stoffe bedingt wird«.

Die von Scheerer angeführten Unterschiede in Farbe, Strich, Härte, Glanz und sp. Gew. existiren aber geradezu nicht, indem auch innerhalb der Vorkommen der »Euxenite« so grosse Variationen vorhanden sind, dass thatsächlich in diesen Beziehungen kein Unterschied vom Polykras fixirt werden kann. So variirt das sp. Gew. bei sonst typischen Euxeniten z. B. zwischen 4.67 (Mörefjær) und 5.1 (Eitland), während für den Polykras von Hitterö das sp. Gew. zu 4.97 bis 4.98 etc. bestimmt wurde. Und während einige Euxenite charakteristisch braunschwarz sind, zeigen andere eine rein sammtschwarze Farbe etc. Und was den nach Scheerer's Auffassung charakteristischen Gehalt an

¹ Th. Scheerer. »Über den Norit und die auf der Insel Hitteröe in dieser Gebirgsart vorkommenden mineralienreichen Granitgänge«. Gæa Norvegica, H. II, Kristiania 1844; S. 329. Siehe auch Pogg. Ann. B. 62, S. 430 (1844).

Zirkonerde beim Polykras betrifft, so ist dieser von späteren Analytikern nicht bestätigt worden, und kann somit auch nicht als Unterschied vom Euxenit aufrecht gehalten werden.

Es schien mir deshalb nöthig, die Frage über die Beziehungen des Polykras zum Euxenit zur genaueren Prüfung aufzunehmen, um sicher zu constatiren, ob die beiden Mineralien überhaupt wesentlich verschieden sind oder nicht.

Krystallographische Untersuchung von Euxenit und Polykras.

Alle älteren Messungen 1 an Krystallen von Euxenit und Polykras sind sehr ungenau, weil das Material keine genaueren Messungen erlaubte; sie sind deshalb auch unter sich sehr schlecht übereinstimmend. So wäre z. B.

am Euxenit:

```
(111): (i11) . . . 78° 30′ (gem. P. Groth) 77° 28′ (gem. Th. Kjerulf)
77° 2′ (ber. P. Groth)
(111): (111) . . . 25° (ber. P. Groth)
(201): (100) . . . 31° (ber. P. Groth) 30° 30′ (gem. Th. Kjerulf)
25° 30′ (gem. T. Dahll)
(110): (110) . . . 40° (gem. P. Groth) 39° 30′ (gem. Th. Kjerulf)
54° (gem. T. Dahll)
```

am Polykras:

```
(111): (111) . . . 81° 29′ (gem. W. C. Br.) 83° 21′ (ber. Scheerer) (111): (111) . . . 26° 7′ (ber. W. C. Br.) 28° (gem. Scheerer) (201): (100) . . . 28° 59′ (ber. W. C. Br.) 28° (gem. Scheerer) (110): (110) . . . 38° 12′ (ber. W. C. Br.) 40° (gem. Scheerer)
```

Selbst wenn man von den offenbar gänzlich unbrauchbaren Messungen von T. Dahll absieht, differiren dennoch die Messungen am Euxenit, sowie am Polykras selbst an jedem einzelnen der Mineralien mehrere Grade, und noch mehr die Messungen derselben Winkel einerseits am Euxenit, andrerseits am Polykras.

Ich fand es unter diesen Umständen von Interesse, wenn möglich die älteren Messungen mit bæsseren zu ersetzen. Es zeigte sich dann, bei einer Revision des ganzen, sehr bedeutenden Materiales von beiden Mineralien in der Sammlung des min. Instituts der Universität Kristiania.

¹ Siehe hierüber W. C. Br. 3Unters, norw, Min. Zeitschr, f. Kryst, B. III, S. 483-486,

dass sich genau messbare Krystalle dieser Mineralien überhaupt nicht vorfanden; auf der anderen Seite ergab sich aber auch das Resultat, dass die Winkelmessungen der besten Krystalle beider Mineralien ungefähr innerhalb derselben Grenzen schwankten, so dass kein Grund dazu vorliegt, wesentliche Unterschiede in den Achsenverhältnissen des Polykrases und des Euxenit anzunehmen.

Unter den zahlreichen norwegischen Vorkommen von Euxenit habe ich kein einziges gefunden, welches so glänzende Flächen besitzt, dass die Winkel mit Reflexionsgoniometer gemessen werden konnten; fast bei sämmtlichen sind die Flächen mit einer dünnen, gewöhnlich grünen oder bläulich grauen, oder gelblichen Oxydationshaut bedeckt. Die allermeisten besitzen auch nicht hinreichend ebene Flächen, um mit Anlegegoniometer oder mittels angeklebter Glasblättchen einigermassen genau gemessen zu werden, und wenn dies der Fall ist, sind die Krystalle wieder meistens zu klein. Nur von zwei Vorkommen konnte ich im Ganzen 4 einigermassen brauchbare Krystalle auswählen, nämlich 3 von dem Vorkommen an der Insel Kragerö bei Fredrikstad (SO-Ecke des Kristianiafjords, in Smålenene, nicht zu verwechseln mit Kragerö in Bratsberg Amt, an der Südküste, W vom Langesundsfjord), und I von einem Vorkommen der Inselgruppe Hvaler, S von Fredrikstad, — alle mit matten, aber ebenen Flächen.

Vom Polykras wurden mit Reflexionsgoniometer im Ganzen 4 kleine Krystalle gemessen; die Messungen waren verhältnissmässig gut, aber immerhin keineswegs genau, und meistens wenig gut übereinstimmend, namentlich weil die Krystalle fast immer eigentlich Aggregate von mehreren, nur subparallelen Individuen sind.

An diesen ausgewählten Krystallen wurden folgende Messungen (sämmtlich an verschiedenen Winkeln) für die Berechnung des Achsenverhältnisses zu Grunde gelegt:

| | | | | | Polykras | : |
|--------|---------|--|---|--|-----------------|---|
| (111): | (i i i) | | | | . 82° 19′ | |
| | | | | | 83° 45′ | |
| | | | | | 81° 55′ | |
| | | | | | 81° 51′ | |
| | | | | | 82° 34′ | |
| | | | | | 83° 27′ | |
| | | | • | | 8 2° 9 ′ | |
| | | | | | M. 82° 34′ | |

Ziemlich nahe dieselben Mittelwerthe wurden für den Euxenit erhalten, so für:

Es ergab sich daraus, dass die früheren Messungen des Winkels (111): (111) der Pyramide des Euxenit wahrscheinlich zu niedrig gewesen sind, und dass kein nennenswerther Unterschied dieses Winkels an den beiden Mineralien vorhanden ist. Was den Winkel (110): (110) des Prismas betrifft, so ist dieser schon früher für beide Mineralien als nahezu gleich angenommen, und zwar ungefähr = 40°. Meine besten Messungen scheinen zu zeigen, dass auch dieser Winkel etwas grösser sein dürfte, etwa = 41½°.

Ich lege deshalb die folgenden Mittelwerthe zu Grunde:

woraus das Achsenverhältniss:

$$a:b:c=0.3789:1:0.3527.$$

Dies Achsenverhältniss, welches jedenfalls auch nur ziemlich unsicher und wenig genau ist, darf dann auch annäherungsweise als dasjenige des Euxenit angenommen werden. Es muss dabei jedoch bemerkt werden, dass die etwas abweichende chemische Zusammensetzung der Euxenite und der Polykrase (sowie der verschiedenen Mischungen der Euxenite unter einander, und der verschiedenen Mischungen der Polykrase unter einander) es wahrscheinlich macht, dass die verschiedenen Glieder der Euxenit-Polykras-Reihe eine Serie verschiedener, ob auch kaum beträchtlich verschiedener Achsenverhältnisse haben.

Auf das oben berechnete Achsenverhältniss bezogen, ergeben sich für die wichtigsten Winkel der Euxenit-Polykras-Mineralien ungefähr folgende Werthe:

| Berechn. | Gemessen | Columbit Berechnet |
|--|---|-----------------------|
| (110) : (110) *41° 30' | *41° 30' | 43° 42' |
| (130): (130) 97° 19' | - | 100° 31' |
| (111): (111) 28° 57' | 28° (Schcerer Pol.)-29° 15' (W. C. Br.; Eux.) | 29° 55' |
| (111): (010) 75° 31½' | 75° 5'-75° 22' (Eux.)-74° 19'-76° 56½' (Pol.) | 75° 21' |
| (111): (111) *82° 34' | *82° 34' | 80° 9' |
| (111): (100) 48° 43' | 48° 23 – 48° 28' (Pol.) | 49° 55½′ |
| (111): (111) 90° 15′ | - | 92° 7′ |
| (111): (110) 45° 7½' | - . | 46° 3½° |
| $(131): (\overline{131})75^{\circ}30'$ | _ | 77° 27' |
| (131): (131) 65° 11' | _ | 62° 41′ |
| (131): (131) 70° 45' | _ | 71° 6' |
| (201) : (201) 123° 31' | _ | 121° 36′ |
| $(201): (100) \dots 28^{\circ} 14\frac{1}{2}'$ | 28° (Scheerer Pol.) | 29° 124 |

Wie der Vergleich mit den entsprechenden Winkeln bei dem Columbit zeigt, ist der Unterschied nicht bedeutend, obwohl immerhin bemerkenswerth; die Annäherung der Winkel und der Achsenverhältnisse, sowie die vollkommene Analogie der Ausbildung der Krystalle machen es ganz unzweiselhaft, dass die Mineralien der Euxenit-Polykrasreihe in der That mit dem Columbit homoiomorph und der Columbitreihe angehörig sind.

Die Typen der Mineralien der Euxenit-Polykras-Reihe sind zum grössten Theil ziemlich nahe entsprechend auch aus der Typen-Reihe des Columbit bekannt.

Der gewöhnlichste Euxenit-Typus (siehe Fig. 1, Tab. III) ist genau entsprechend am Columbit von Tangen, bei Kragerö (siehe Fig. 8 & 11, Tab. II) bekannt. Am meisten eigenthümlich ist der charakteristische linealförmige Typus der Polykrase von Hitterö (siehe Fig. 3, 5 & 6, Tab. III), sehr allgemein so stark ausgezogen nach der c-Achse, dass die Länge der Krystalle 10 bis 15 Mal grösser als die Breite und bis zu 40 bis 50 Mal grösser als die Dicke der Lineale ist. Die Combinationen bleiben aber dabei noch immer dieselben: |010| . |110| . |111|, gewöhnlich dazu noch mit |100| und |201|, seltener auch mit |101|, |131| und anderen Formen. Andere Vertikal-Prismen als |110| sind weder beim Euxenit noch beim Polykras bekannt.

So charakteristisch nun auch diese langen linealförmigen Krystalle des Polykrases sind, so sind sie doch durch alle Übergänge mit dem gewöhnlichen Euxenittypus verbunden, indem kürzere und dickere Krystalle auch vom Polykras keineswegs fehlen.

Von Hidden und Macintosh ist es erwähnt, dass die Vertheilung der Flächen auf Krystallen mit beiden Enden z. Th. auf einen Hemimorphismus deuten solle. Bei den norwegischen Krystallen ist dies

nicht der Fall; eine Anzahl von Krystallen von Euxenit von der Insel Kragerö bei Fredrikstad, sowie viele Krystalle von Polykras, theils von Hitterö (Rasvåg), theils von Iveland (Frikstad), mit beiden Enden gut ausgebildet, zeigten keine Andeutung einer Hemimorphie, ebenso wenig wie Andeutung eines monoklinen Krystallsystemes. Charakteristisch ist für die Polykras-Krystalle, und theilweise auch für die Euxenit-Krystalle eine Flächenstreifung auf allen Flächen parallel zu ihrer Trace von 1010; es muss aber diese Flächenstreifung, welche auch beim Columbit auftritt, am wahrscheinlichsten als eine Combinationsstreifung (nicht als eine Zwillingsstreifung, welche das monokline System, oder im rhombischen Systeme eine polare b-Achse voraussetzen würde) gedeutet werden.

Charakteristisch für die Zugehörigkeit der Mineralien der Euxenit-Polykras-Reihe zur Columbitreihe ist auch noch das Auftreten des allgemeinsten Zwillingsgesetzes des Columbit, nämlich Zwillingsebene eine Fläche von |201|. Nach diesem (auch von Hidden und Macintosh auf Krystallen von S. Carolina beobachteten) Gesetze finden sich beim Polykras von Rasvåg, Hitterö, sehr eigenthümliche blattförmige Zwillinge (siehe Fig. 7 a & b, Tab. III). Dieselben sind bei einer Länge von ca. 2½—4 cm. nur 1 bis 2 mm. dick, dünn plattenförmig nach |010|, mit starker Streifung nach der Kante |010|. |110|. In einer Einsammlung von Polykrasmaterial von Rasvåg, Hitterö, durch Herrn Amanuensis Jac. Schetelig (1906) fanden sich drei gut ausgebildete Exemplare dieser dünnplattigen Zwillinge, welche früher nicht beobachtet sind.

Vergleich der chemischen Zusammensetzung von Polykras und Euxenit.

Um auch für den Vergleich der chemischen Zusammensetzung beider Mineralien eine bessere Grundlage zu schaffen, war Prof. C. W. Blomstrand so freundlich, eine neue Analyse des ursprünglichen typischen Vorkommens der zuerst bekannten Krystalle von Euxenit, Alve auf der Insel Tromö bei Arendal, auszuführen. Zum Vergleich der (unter I) angeführten Analyse ist nebenbei auch das Mittel der beiden Analysen Rammelsbergs des Polykrases von Hitterö angeführt 1.

¹ Ich habe es richtig gefunden, das Mittel von Rammelsbergs Analysen zu nehmen, da sie beide an Material von demselben Vorkommen ausgeführt sind (es giebt nur ein Haupt-Vorkommen von Polykras auf Hitterö, nämlich der Pegmatitgang von Rasväg); es dürften sich dadurch die Fehler der jetzt ziemlich alten (1870) Analysen besser ausgleichen. Ferner habe ich (nach einer Erläuterung von Prof. Blomstrand) als das Atomgewicht der Yttererden, anstatt des von Rammelsberg benutzten (253) ein etwas höheres, 275, angenommen.

| I. Euxenit, Alve. | II. Polykras, Hitterö. |
|--|-------------------------------------|
| Quotientz. | Quotientz. |
| $Nb_2O_5 \dots 27.64 \dots 0.1039$ | 22.75 0.0849 |
| $Ta_{2}O_{5}$ 1.27 0.0024 | 2.00 0.0045 |
| SiO_2 $O.17$ $O.0028$ |) |
| TiO ₂ 25.68 0.3210 | 27.84 0.3475 |
| SnO_2 | (- 34/3 |
| ZrO ₂ Spur — | - } |
| ThO_2 3.58 0.0136 $O_{0.0352}$ | - · · · · · · · } _{0.0213} |
| $UO_2 \dots \dots 5.83 \dots 0.02 6$ | 6.66 0.0243 |
| (Ce,La,Di) ₂ O ₈ 2.20 0.0069 | 2.78 0.0085 |
| $(Y,Er)_2O_8^1 \dots 27.73 \dots 0.100S$ | 31.65 0.1150 0.1235 |
| Al_2O_8 Spur – |) |
| FeO 1.13 0.0157 | 1.58 0.0208 |
| MnO 0.16 0.0025 | |
| MgO 0.06 0.0015 | |
| CaO 1.08 0.0193 0.0460 | o.0208 |
| PbO 0.63 0.0032 | |
| Na ₂ O o.18 o.0029 | |
| K ₂ O 0.09 0.0009 | |
| H ₂ O 2.55 0.1417 | 3.51 0.1950 |
| 100,16 | 98.77 |

Die Analysen können in folgender Weise berechnet werden:

| I. Euxenit, Alve. | II. Polykras, Hittero. |
|--|---|
| II, I (R,R ₂)O 0.0460 | 0.0208 |
| Mn ₂ O ₅ 0.0460 | 0,0208 |
| $\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$ | 0.0416 |
| (U,Th)O ₂ 0.0352 | 0.0243 |
| TiO ₂ 0.0704 | 0.0486 |
| (U,Th). $[TiO_3]^2$ 0.1056 | 0.0729 |
| R ₂ O ₈ 0.0201 | 0.0229 |
| M ₂ O ₅ 0.0603 | 0.0686 |
| III R[MO ₃] ₃ 0.0804 | 0.0915 |
| R ₂ O ₃ o.o876 | 0.1006 |
| (Ti, Si, Sn)O ₂ o.2628 | 0.3018 |
| R_2 . [(Ti,Si,Sn)O ₈] ₈ 0.3504 | 0.4024 |
| Die Berechnung fordert 0.0092, entspr. 0.74 °/ ₀ TiO ₂ mehr als gefunden. | Die Berechnung fordert 0.0029, entspr 0.23 TiO ₂ mehr als gefunden. |
| | |

¹ Atomgewicht 275, entsprechend 15.55 Y₂O₈, 12.22 Er₂O₈.

In der Analyse des Euxenit von Alve verhalten sich

$$(Nb,Ta)_2O_5: (Ti,Si,Sn)O_2 = 0.1063: 0.3240 = 1:3.05 \text{ oder} = 1:3.$$

In der Analyse des Polykrases von Hitterö verhalten sich

$$(Nb,Ta)_2O_5$$
: $TiO_2 = 0.0894$: $0.3475 = 1$: 3.89 oder ca. = 1: 4.

Dieser Umstand, ganz isolirt gesehen, kann aber nicht wohl zu einer Trennung des Euxenit vom Polykras berechtigen; denn bei anderen Euxeniten und Polykrasen ist dies Verhältniss auch verschieden. Anders wenn man eine grössere Reihe von Analysen berücksichtigt.

Eine Zusammenstellung der übrigen, sicher auf Euxenit und Polykras (durch Untersuchung an krystallographisch der Euxenit-Polykras-Reihe sicher zugehörigen Substanzen) zu beziehenden Analysen wird dies zeigen:

| Alve . (Rammelsberg) | Eitland (Rammelsberg) | Eitland (A. A. Prandtl) | Karra akunguak (Christensen) | Henderson Co. (Hidden & Macintosh) | Greenville Co. (Hidden& Macintosh) |
|---|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|
| Nb ₂ O ₅ 35.09 | 33.39 | 31.69 | 30.71 | 19.48 | 19.37 |
| TiO ₂ 21.16 | 20.03 | 18.17 | 24.93 | 29.31 | 28.51 |
| ZrO ₂ — | _ | 1.76 | | | 1.01 (SiO ₂) |
| Y ₂ O ₈ 27.48 | 14.60 |) | 1 |) |) |
| Er ₂ O ₈ 3.40 | 7.30 | 28.33 | 28.43 | 27.55 | 21.23 |
| Ce ₂ O ₈ etc 3.17 | 3.50 |) | j | J | J |
| UO ₂ 4.78 | 12,12 | 12.66 | 9.08 | 13.77 | 19.47 |
| Al ₂ O ₈ — | _ | 2,81 | _ | | _ |
| FeO 1.38 | 3.25 | 1.18 | 3.63 | 2.87 | 2.47 (+ 0.18 Fe ₂ O ₈) |
| CaO | 1.36 | _ | 0.48 | _ | o.68 |
| Рьо — | | 0.06 | | _ | 0.46 |
| Na ₂ O — | 0.82 | _ | 0.40 | _ | - |
| Glühverlust . 2.63 | 2.40 | 3.01 | 2.63 | 5.18 | 4.46 (+ 0.12 unlösl.) |
| 99.09 | 98.77 | 99.67 | 100.29 | 98,16 | 97.96 |
| | | | | | |

Diese Zusammenstellung zeigt, dass das Verhältniss Nb₂O₅: TiO₂ innerhalb dieser Mineralgruppe stark schwankend ist.

Ausser diesen Analysen hat Rammelsberg noch einen Euxenit von Mörefjær analysirt; es ist doch nicht sicher, dass dies Mineral auch Euxenit (und nicht Blomstrandin?) gewesen ist (Mon. Ber. d. Berl. Akad. 1871, Aug.). Eben o hat Prandtl (»Über einige neue Bestandteile d. Euxenits«. Inaug. Diss. München 1901, S. 14) noch zwei angebliche Euxenitanalysen angeführt, eine von »Arendal«, welche ebensogut an Blomstrandin ausgeführt sein kann, ebenso eine von Brevik, welche ganz sicher nicht auf Euxenit (auch nicht auf Blomstrandin, vielleicht eher auf ein mit Polymignyt verwandtes Mineral?) zu beziehen ist. Der von ihm analysirte Euxenit von Hitterö stammte nach gütiger

```
Euxenit von Eitland (Rammelsberg)
                                         Nb_2O_5: TiO_2 = 0.1245: 0.2506 = 1: 2.01 oder 1: 2
                       (Prandtl)
                                                        = 0.1182 : 6:2415 = 1 : 2.04 = 1 : 2
                                                        = 0.1309 : 0.2645 = 1 : 2.02 = 1 : 2
             Alve
                      (Rammelsberg)
                                                        = 0.1063 : 0.3240 = 1 : 3.05 = 1 : 3
                       (Blomstrand)
          » Karra akunguak (Christensen)
                                                        = 0.1145 : 0.3116 = 1 : 2.75 = 4 : 11)
Polykras von Hitterö (Rammelsberg)
                                                        = 0.0894 : 0.3475 = 1 : 3.89 = 1 : 4
           » Greenville (Hidden & Macint.) - » --
                                                        = 0.0722 : 0.3564 = 1 : 4.94 = 1 : 5
                                                        = 0.0723 : 0.3663 = 1 : 5.09 = 1 : 5

    Henderson (

      (NB. Unter Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ist auch Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, unter TiO<sub>2</sub> auch SnO<sub>2</sub> und SiO<sub>2</sub> sammt ZrO<sub>2</sub>
```

einbegriffen).

Es ist sehr bemerkenswerth, dass das Verhältniss der M₂O₅-Verbindungen zu den RO₂-Oxyden (RO₂ = TiO₂, SnO₂, SiO₂) bei den Polykrasen und Euxeniten, (wie bei den Blomstrandinen; siehe weiter unten) zwar bei den verschiedenen Vorkommen verschieden ist, aber immer ein stöchiometrisches Verhältniss zu sein scheint¹. Bei den geometrisch einem anderen Typus angehörigen Mineralien der Blomstrandin-Aeschynit-Gruppe variirt dies stöchiometrische Verhältniss der einzelnen Glieder (siehe unter Blomstrandin) zwischen 1:2 (Swaziland), 1:4 (Arendal) und 1:6 (Hitterö). Würde man deshalb unter der Bezeichnung Polykras Mineralien vom Euxenittypus mit Verhältniss M₂O₅: TiO₂ = 1:4 oder 1:5 von den typischen Euxeniten mit diesem Verhältniss = 1:2 oder 1:3 unterscheiden, dann müsste mit demselben Recht auch dem Blomstrandin vom Swaziland (als dem Polykras chemisch entsprechend) ein neuer Name zum Unterschied von den typischen Blomstrandinen von Arendal und Hitterö gegeben werden.

Es scheint mir nach dem obenstehenden einleuchtend, dass Polykras und Euxenit in allen Beziehungen einander so nahe stehen, dass sie

Mittheilung von Herrn Cand, min, A. Guldberg nicht von Hitterö, sondern von Eitland. - Über den Euxenit von Karra akunguak (Öst-Grönland) siehe O. B. Böggild, Mineralogia groenlandicae. Medd. om Grönland, B. 32, 1905 (Kopenhagen) S. 512. Ein von L. Andersen Aars analysirtes (Inaug. Diss, Freiburg in Br. 1905, S. 27) Mineral, angeblich Euxenit, war derbes Material ohne nähere Lokalitätsangabe, ist also nicht mit Sicherheit Euxenit gewesen.

Über die Polykrasanalysen von Hidden & Macintosh siehe Am. Journ. of Sc. B. 41, (1891) S. 423. - Der angebliche Polykras von Slättakra in Småland, Schweden wurde von Blomstrand analysirt (Minnesskrift Fys. Sällsk. Lund, 1878); da das von ihm analysirte Material derb war und Krystalle nicht gefunden wurden, kann das Mineral ebensowohl der Blomstrandinreihe angehörig gewesen sein.

Für die Analyse von Karra akunguak scheint diese Erfahrung nicht bestätigt; da sämmtliche andere gute Analysen ein stöchiometrisches Verhältniss zeigen, dürste es aber vielleicht möglich sein, dass der Gehalt an Säuren RO₂ (TiO₂, SiO₂, SnO₂, ZrO₂) zu niedrig bestimmt ist.

deswegen wohl unter einem gemeinsamen Speciesnamen zusammengefasst werden könnten. Es würde sich dann zunächst fragen, ob für diesen Namen am liebsten der Name Euxenit oder der Name Polykras fixirt werden sollte. Da es wohl möglich sein dürfte, dass das zuerst als Euxenit beschriebene Mineral von Jölster in der That ein Blomstrandin gewesen ist, sollte eigentlich der Name Polykras die Priorität haben. Da aber andererseits der Name Euxenit mehr eingebürgert ist, würde es nach meiner Ansicht doch praktisch vortheilhafter sein, den allgemein gebrauchten Namen Euxenit als Namen der ganzen Mineraliengattung zu fixiren.

Auf der anderen Seite kann es aber nicht ganz unberücksichtigt gelassen werden, dass die beiden als Euxenit und als Polykras bezeichneten Mineralien, obwohl ganz unzweiselhaft krystallographisch sehr nahe gleich und in chemischer Beziehung eine continuirliche Reihe bildend, dennoch in so sern verschieden sind, als die bis jetzt als Euxenit bezeichneten Glieder der Reihe (welche, so viel bis jetzt bekannt, auch in ihrem Habitus gewisse charakteristische Eigenthümlichkeiten ausweisen), relativ reicher an Niobaten. die als Polykras bezeichneten dagegen wieder umgekehrt relativ reicher an Titanaten zu sein scheinen.

Es dürste deshalb wohl am Ende dennoch bequem und berechtigt sein, für die beiden Mineralien die bis jetzt gebrauchten Namen, als Namen der beiden Endglieder einer homoiomorphen Reihe zu behalten (wie z. B. Enstatit und Hypersthen etc.); dies Versahren stimmt mit der bis jetzt üblichen Sitte.

Es dürste dann wohl am besten sein, Glieder mit einem Verhältniss M_2O_5 : $TiO_2 = 1$: 4 bis 1:6 (und mehr) als Polykrase, Glieder mit diesem Verhältniss = 1:3 und weniger als Euxenite zu fixiren. Es wird sich wahrscheinlich herausstellen, dass die beiden Typen in der Regel auch habituell durch äussere Eigenschaften getrennt werden können (die Polykrase durch linealförmige Krystalle von meistens rein schwarzer Farbe, die Euxenite durch dickere prismatische Krystalle oft mit charakteristischer Oxydationshaut etc.); ohne eine vollständige Analyse wird die Unterscheidung aber wohl nicht selten unsicher sein können.

Norwegische Fundorte von Euxenit und Polykras.

a. Euxenit.

Die Euxenitkrystalle von Kragerön (Fig. 2, Tab. III) sind in ihrem Typus etwas verschieden von den meisten anderen norwegischen Vorkommnissen von Euxenit, indem in der Vertikalzone in der Regel die Flächen von hoo stark vorherrschend sind, mit relativ schmaler Abstumpfung von hoo und hoo; am Ende sind wie gewöhnlich die Flächen von hull und dann die Flächen von hasser diesen Flächen wurden nur diejenigen von hoo und hasser diesen Flächen wurden nur ausnahmsweise beobachtet. Die Krystalle sind gewöhnlich recht wenig ausgezogen nach der c-Achse und zeigen häufig beide Enden ausgebildet. Sie sind immer von einer bläulichgrauen oder gelblichgrauen Oxydationshaut bedeckt, die Flächen sind aber häufig sehr eben und gut ausgebildet, und nur deshalb auch mit Anlegegoniometer schwierig messbar, weil die Krystalle gewöhnlich ziemlich klein sind, häufig nur ca. 1—2 cm. lang, bei einer Breite von 1.5—2 cm. (nach der b-Achse) und nur 0.5 bis 1 cm. dick (nach der a-Achse).

Die Krystalle dieses Vorkommens gehören zu den allerbesten mir bekannten von dem Euxenit. Die Farbe wie gewöhnlich schwarz, mit sehr starkem Glanz an den muscheligen Bruchslächen.

2. Hvaler, bei Fredrikstad. Von einem Pegmatitgang dieser grossen Inselgruppe erhielt die Sammlung der Universität 1895 einige wenige Krystalle von Euxenit von ungewöhnlich guter Ausbildung; sie sind, wie die Euxenitkrystalle in der Regel, dicktaselig nach den vorherrschenden Flächen von 1010, sonst mit den gewöhnlichen Formen 1110, 100, und z. Th. 1130, (schmal), und am Ende 1111, 201, sammt 1001, Der grösste und beste Krystall war 2.5 cm. lang in der Richtung der c-Achse, 1 cm. dick (nach der b-Achse) und ca. 2 cm. nach der a-Achse. Oxydationshaut grau.

¹ Früher von mir beschrieben in Geol, Fören, i Stockholm Förh, B. VI, S. 750-751 (1884).

Aus den zahlreichen Pegmatitgängen in der Umgegend von Moss (in Moss Kirchspiel, Rygge, Råde, Våler etc.) ist der Euxenit bis jetzt nicht bekannt. Er scheint hier durchgehends von dem Columbit, oder von Samarskit, Mossit, Yttrotantalit, Fergusonit etc. ersetzt.

Auch aus der an Pegmatitgängen so reichen Umgegend von Kragerö und Risör ist der Euxenit nur als Seltenheit bekannt (aus dem Kalstadgang) und muss jedenfalls hier sehr sparsam vorkommen.

Um so zahlreicher sind die Vorkommen von Euxenit an den Pegmatitgängen der Küste zwischen Tvedestrand und Arendal, der Gegend, aus welcher Euxenit in Krystallen zuerst von Scheerer beschrieben wurde. Die einzelnen Vorkommen hier genauer zu beschreiben würde nur wenig Interesse darbieten, da sie einander meistens sehr ähnlich sind. Die Sammlung der Universität besitzt deutlich krystallisirte Euxenite von folgenden Vorkommen:

- 3. Alve auf der Insel Tromö, das ursprünglich von Scheerer und später von Th. Dahll erwähnte Vorkommen.
- 4. Helle; 5. Mörefjær; 6. Röstöl; 7. Salterö, alle am Festlande.

Die Krystalle dieser Vorkommen sind gewöhnlich schlecht ausgebildet, am häufigsten mit grünlich oder bläulich grauer Haut, klein, gewöhnlich tafelartig nach |001|, mit den allgemeinen Formen |010|, |110|, |100|, |111|, |201| sammt häufig auch |001|; vereinzelt sind die Flächen von |110| vorherrschend wie an den Krystallen von Kragerön bei Fredrikstad. Allgemein verbreitet sind desmin-ähnlich verwachsene Aggregate von dicht zusammengehäuften subparallelen Tafeln nach |010| (confr. Fig. 7, Tab. I). Die Krystalle sind deshalb fast nie einigermassen gut messbar, was die grossen Differenzen früherer Messungen am Euxenit erklärt.

8. Ein unbekanntes Vorkommen von »Arendal« führte derartige grosse, ganz rauh begrenzte Krystallstöcke von Euxenit, von 5 cm. Länge und noch mehr.

An mehreren der Gänge bei Arendal sind grosse Massen von derbem, schwarzem Euxenit in Hunderten von Kilogrammen für technische Zwecke gewonnen.

Aus der Umgegend von »Kristiansand« sind bei mehreren Gelegenheiten ziemlich grosse, derbe Stücke eines schwarzen, dem Euxenit ähnlichen Minerals an die Sammlung der Universität eingekommen; da keine Krystallslächen an den Stücken bewahrt waren, lässt sich eine sichere Bestimmung nicht aussühren.

Dagegen ist eine Anzahl ausgezeichneter Vorkommen von Euxenit bekannt aus der Umgegend von Lindesnes, an der SW-Ecke des Landes. Erstens von

- 9. Svinör, ca. 2 norw. Meilen östl. von Lindesnes. Von einem Pegmatitgang hier erhielt die Sammlung der Universität (1897) mehrere grosse, bis mehrere Kilogr. schwere Massen von Euxenit; diese Massen sind rauh begrenzte Krystallaggregate von desminartig subparallel verwachsenen Krystallen, mit gelber Oxydationskruste (Fig. 7, Tab. I).
- 10. Auch von Eitland bei Lindesnes sind (1892) grosse, schwarze, kleinmuschelige Massen und rauhe Krystallaggregate mit gelber Verwitterungskruste eingekommen. Hier sollen übrigens auch recht hübsche grosse Einzel-Krystalle von Euxenit früher gefunden sein.
- 11. Spangereid, Lister; von dieser Lokalität besitzt das mineralogische Museum der Universität Berlin einen grossen rauhen Krystall (ca. 4 cm. × 2 bis 3 cm × 2 cm.) von dem gewöhnlichen Typus. Sowohl von Eitland als von Spangereid sollen früher bedeutende Massen von Euxenit als Material für die Darstellung von Thoriumsalzen etc. in den Handel gekommen sein.

Eine Gegend reich an granitischen Pegmatitgängen, welche wie es scheint sehr häufig Euxenit führen, sind die Kirchspiele Iveland und Evje im Sætersdal (30—50 Km. nördl. von Kristiansand, im inneren Theil des Landes). Aus dieser Gegend sind bekannt folgende Vorkommen von Euxenit:

- 13. Molland, in Iveland; kleine braune Krystalle von Euxenit, von dem gewöhnlichen Typus (Cand. min. A. Guldberg).
- 14. Korbuland, S. von Omdalslonene in Iveland; von hier sammelte Amanuensis P. Schei (1903) grosse schöne Stufen mit hübschen, obwohl nicht genauer messbaren Krystallen von braunschwarzem Euxenit, mit dem gewöhnlichen Typus.
- 15. Tveit in Iveland; rauhe Krystalle, denjenigen der Vorkommnisse bei Arendal sehr gleich.

16. Landsværk in Evje; von dem grossen Feldspathbruch hier sammelte ich selbst (1902), P. Schei (1903) und Hornemann (1905) theils grosse derbe Massen, theils Handstücke mit grösseren und kleineren, meistens rauhen Krystallen von schwarzem, stark glänzendem Euxenit. Die Krystalle haben die gewöhnliche Form und Combination; an keinem Vorkommen ist die allgemein verbreitete Neigung der Euxenitkrystalle zu einer garbenförmigen Aggregatbildung, ähnlich wie die Desminkrystalle, mehr ausgesprochen als bei diesem Vorkommen. Es sollen von hier grosse Massen von derbem Euxenit in den Handel gekommen sein.

b. Polykras.

- 1. Rasvåg auf der Insel Hitterö, bei Flekkefjord. Dies ist das alte typische, zuerst von Scheerer beschriebene Vorkommen von Polykras; das Mineral, welches hier mit Xenotim, Malakon etc. zusammen vorkommt, findet sich fast nur in den bekannten, gewöhnlich linealförmigen kleinen schwarzen Krystallen, die stellenweise an dem Gang recht allgemein verbreitet waren. Die oben erwähnten blattförmigen Zwillinge nach |201| kommen verhältnissmässig selten vor.
- 2. Veisdal Feldspathbruch auf Hitterö. Von diesem zweiten Vorkommen auf der Insel Hitterö brachte P. Schei (1903) ein Paar ganz kleine, aber gut ausgebildete Krystalle, genau mit denjenigen von Rasvåg übereinstimmend.

Ausser von Hitterö ist der Polykras bis jetzt aus Norwegen nur von einer Anzahl Pegmatitgängen in den Kirchspielen Evje und Iveland im Sætersdal bekannt; er wurde hier (1903) entdeckt von Amanuensis P. Schei von folgenden Vorkommen:

- 3. Bergegangen, bei Landsværk, Evje; ein Paar lange Lineale des gewöhnlichen Typus: \100\\.\201\\.\110\\.\130\\, und bisweilen \111\\.
 - 4. Åsland, Evje; Lineale begrenzt von \[010 \]. \\ \ 110 \] und \\ \ 201 \].
- 5. Omland; Evje; mehrere cm. lange, ganz dünne schwarze Lineale, z. Th. nur begrenzt von |010|. |100| und |201|.
- 6. Lidet Feldspathbruch, bei Galteland in Evje; die gewöhnlichen Typen, doch z. Th. ausserdem mit der Basis |001|; ein Krystall ist nur begrenzt von |100|. |010| und |201|.

An einem zweiten Schurf bei Galteland fand Schei kleine tafelartige Krystalle, welche vielleicht eher dem Euxenit angehörig sind.

7. Frikstad Feldspathbruch, in Iveland; von dieser Stelle brachten Schei (1903) und Schetelig (1906) einige Stufen mit kleinen schwarzen Krystallen (zusammen mit Krystallen von Xenotim und grossen, ganz dünnen Tafeln von Titaneisenerz); ob dieselben dem Polykras oder vielleicht eher dem Euxenit angehörig sind, konnte ohne Analyse nicht sicher entschieden werden, obwohl ihre nahe Übereinstimmung mit dem Polykras von Rasvåg, Hitterö, es wahrscheinlich macht, dass sie diesem Mineral angehörig sind. Auch die Paragenesis (mit Malakon und Xenotim etc.) ist dieselbe.

Der Euxenit und der Polykras sind somit von ca. 25 verschiedenen norwegischen Vorkommen bekannt. Diese Zahl repräsentirt doch vielleicht nur einen kleineren Theil der Vorkommen, von welchen diese Mineralien in den letzten 20 Jahren in den Handel gebracht sind. Dieser Reichthum an norwegischen Fundorten der sonst so spärlich vertretenen Mineralien ist um so mehr bemerkenswerth, als wenigstens der typische Euxenit ausserhalb Norwegens bis jetzt nur von ein Paar Fundorten in Grönland bekannt ist. Der Polykras ist, wie bekannt, auch von einem Vorkommen vier Meilen von Marietta, Greenville Co., Süd-Carolina, sowie von Henderson Co., Nord-Carolina, beschrieben.

Blomstrandin; Brøgger (und Priorit; Brøgger).

Im Jahre 1879 publicirte ich 1 eine krystallographische Beschreibung eines schwarzen, in schönen, grossen Krystallen vorgefundenen Minerals von einem granitischen Pegmatitgang bei Urstad auf der Insel Hitterö (nahe bei Flekkefjord) an der SW-Ecke Norwegens. Die mit Reflexionsgoniometer ausgeführten Messungen führten auf ein Achsenverhältniss, das mit demjenigen des Aeschynit von Miask recht nahe übereinstimmte, obwohl die Krystalle durchgehends einen abweichenden Typus zeigen, nämlich eine taselsörmige Ausbildung nach '010', während die Krystalle des Aeschynit von Miask nach der c-Achse prismatisch ausgezogen sind. Da die chemische Zusammensetzung des Minerals von Hitterö damals nicht bekannt war, konnte ich dasselbe nicht mit Sicherheit zum Aeschynit hinführen, sondern musste mich damit begnügen, das Mineral als entweder Aeschynit oder eine mit Aeschynit isomorphe Substanz« zu charakterisiren, und ich präcisirte diese Auffassung ausdrücklich durch die weitere Bemerkung, dass eine sichere Bestimmung des Minerals »allein durch eine genaue chemische Analyse« möglich sei.

Im letzten Theil der 80-er Jahre war nun Professor C. W. Blomstrand in Lund so freundlich, diese beschwerliche analytische Untersuchung vorzunehmen, und zwar nicht nur an Material, das ich ihm von den Hitterö-Krystallen gesandt hatte, sondern auch an Krystallen eines zweiten, unterdessen von mir erhaltenen Vorkommens aus der Umgegend Arendals. Diese Krystalle zeigten eine mit denjenigen der Hitterö-Krystalle genau übereinstimmende krystallographische Ausbildung, als dicke Tafeln nach 1010 und mit derselben Flächencombination, weshalb auch eine nahe chemische Analogie vermuthet werden musste, was denn auch durch die Analyse Blomstrands bestätigt wurde.

Viele Jahre sind vergangen, seitdem mir die Resultate dieser analytischen Untersuchungen von Prof. Blomstrand übersandt wurden; ich hoffte immer Zeit dazu zu finden, eine ausführliche Bearbeitung sämmtlicher südnorwegischen Vorkommen der Mineralien mit seltenen Erden und Säuren publiciren zu können. Andere Arbeiten kamen indessen dazwischen und so geschah es, dass ich erst viele Jahre nach

¹ Zeitschr f. Kryst. & Min. B. III, P. 481 ff. und Tab. XIII, Fig. 18 & 19.

dem Tode meines hochverehrten Mitarbeiters jetzt endlich dazu gekommen bin, wenigstens einige Mittheilungen über die von ihm auf meine Veranlassung chemisch untersuchten norwegischen Mineralien vorlegen zu können. Es ist denn auch natürlich, dass ich schon im ersten Theil dieser Mittheilungen die Gelegenheit benutze, ein von ihm analysirtes Mineral, welches sich als eine neue Species herausgestellt hat, nach ihm zu nennen; dasselbe soll mit Recht seinen Namen tragen, wenn ich es ihm zu Ehren hiermit als *Blomstrandin* bezeichne¹.

Unten sollen zuerst Blomstrands Analysen der beiden Vorkommen von Hitterö (I) und von Arendal (II) angesührt werden; nebenbei ist unter III eine Analyse G. T. Prior's von einem ebensalls der Blomstrandin-Aeschynit-Reihe angehörigen, von ihm beschriebenen Mineral von Swaziland angesührt.

| | | | | I | II | · III |
|--------------------|------------------|-------|---|-------|-------|-------------|
| Nb_2O_5 | | | | 17.99 | 23.35 | 36.68 |
| ${ m Ta_2O_5}$ | | | | 0.89 | 1.15 | _ |
| TiO ₂ . | | | | 32.91 | 27.39 | 21.89 |
| SnO_2 . | | | | 0.12 | 0.18 | 0.29 |
| SiO_2 . | | | | 0.38 | 0.40 | 2.12 |
| ZrO_2 . | • | | | Spur | 1.33 | |
| UO_2 . | | | | 4.01 | 5.35 | 0.49 |
| ${ m UO_3}$. | | | | | | 2.14 |
| ThO_{2} . | | | | 7.69 | 4.28 | 0.61 |
| $(Y, Er)_2C$ | 3 | | | 28.76 | 25.62 | 17.11 |
| (Ce, La, D |)i) ₂ | O_3 | | 1.97 | 2.48 | 4.32 |
| FeO . | | | | 1.48 | 1.43 | 5.63 |
| MnO . | | | | 0.27 | 0.30 | 0.19 |
| CaO . | | | | 1.02 | 1.80 | 4.12 |
| ZnO . | | | | | 0.09 | |
| PbO . | | | | 0.06 | 0.84 | |
| MgO . | | | | 0.04 | 0.15 | 0.22 |
| Na_2O . | | | | 0.22 | 0.90 | |
| K_2O . | | • | | 0.19 | 0.18 | |
| H ₂ O . | | • | • | 1.88 | 2.56 | 3.69 |
| | | | | 99.88 | 99.78 | 99.50 |

¹ Nicht zu verwechseln mit dem früher von G. Lindström (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. B. III, 'P. 162; 1894) beschriebenen Blomstrandit, ein tantal-niobsaures sammt titansaures Salz von Uran, mit etwas CaO und FeO, von Nohl bei Götaelv. Dies Mineral ist nicht in Krystallen bekannt und seine Stellung ist zweiselhast.

² G. T. Prior. Minerals from Svazilande. Min. Mag. B. XII (1899), P. 97.

Beide Analysen sind Mittel aus mehreren Bestimmungen; so wurden in der Analyse I z. B. bestimmt:

| $(Nb,Ta)_2O_5$. | | | 18.61 und 19.25 Mittel 18 | 3.88 |
|------------------|--|---|---|------|
| TiO_2 | | | 33.35 * 32.48 | 10.5 |
| ThO_2 | | • | 7.61, 7.94 und 7.53 | 1.69 |
| UO ₂ | | | 3.80, 4.34 » 3.91 · · » 4 | 10.1 |
| Yttererden . | | | 28.40 und 29.12 | 3.76 |
| etc. | | | | |

Das Molekülargewicht der Yttererden wurde bestimmt zu 271.6, woraus folgen würde, dass dieselben aus etwa 17.00 Y₂O₃ und 11.76 (Er,Tb,Ytb.)₂O₃ bestehen sollten.

In der Analyse II wurde z. B. bestimmt:

Titansäure und Niobsäure zusammen 51.89, 51.72, 52.14, Mittel 51.89 ZrO₂ 1.33, 1.55, Mittel 1.33

ThO₂ 4.22, 4.35 und 4.27, Mittel 4.28

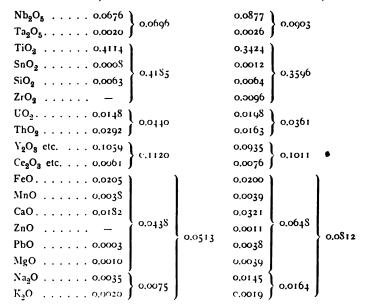
UO₂ 5.33 und 5.36, Mittel 5.35

Yttererden 25.63 und 25.61, Mittel 25.62.

Das Molekülargewicht der Yttererden wurde bestimmt zu 274, woraus folgern würde, dass dieselben aus etwa 15.80 $\rm Y_2O_3$ und 9.83 (*Er*, Tb, Ytb.) $\rm _2O_3$ bestehen sollten.

Die Analysen Blomstrands habe ich versucht in folgender Weise zu berechnen:

I. Blomstrandin, Hitterö. II. Blomstrandin, Arendal.



entsprechend:

| II I | | |
|--|--------|--------|
| $(R,R_2)O$ | 0.0513 | 0.0812 |
| $(Nb,Ta)_2O_5$ | | 0.0812 |
| (R,R_2) . $[(Nb,Ta)O_3]_2$. | 0.1026 | 0.1624 |
| (U,Th)O ₂ | 0.0183 | 0.0091 |
| $(Nb,Ta)_2O_5$ | 0.0183 | 0.0091 |
| [(U,Th)O] . [(Nb,Ta)O ₃] ₂ | 0.0366 | 0.0182 |
| (U,Th)O ₂ | 0.0257 | 0.0270 |
| TiO ₂ | 0.0514 | 0.0540 |
| (U,Th).[TiO ₃] ₂ | 0.0771 | 0.0810 |
| $(Y,Ce)_2O_3$ | 0.1120 | 0.1011 |
| TiO ₂ | 0.3360 | 0.3033 |
| (Y,Ce) ₂ [TiO ₃] ₃ | 0.4480 | 0.4044 |

NB. Unter TiO₂ ist TiO₂, SnO₂, SiO₂ und ZrO₂ verstanden. Diese Berechnung stimmt für den Blomstrandin von Arendal sehr genau, indem die Berechnung nur einen Rest von 0.18 % TiO2 giebt.

Für den Blomstrandin von Hitterö stimmt die Berechnung etwas weniger genau, da hier ein Rest von ungesättigtem TiO2, entsprechend 2.49 % übrig bleibt. Diese weniger genügende Übereinstimmung ist kaum dadurch zu erklären, dass ein entsprechender Theil des H2O-Gehaltes (etwa 0.56%) als wesentlich aufgefasst werden sollte.

Der Vergleich der beiden Analysen ist sehr erläuternd für das Verständniss der Zusammensetzung des Blomstrandin. Das Mineral besteht offenbar aus Metasalzen der Niobsäure (theilweise ersetzt von Tantalsaure) und der Titansäure (theilweise ersetzt von SiO₂, SnO₂, ZrO₂). Das Verhältniss der Niobsäure zu der Titansäure ist bei dem Blomstrandin:

```
von Swaziland . . . (Nb,Ta)2O5 : (Ti,Si,Sn,Zr)O9 = 0.1370 : 0.2749 = 1 : 2.00 = 1 : 2
Arendal .... ->-- :
                                   -- » --
                                            = 0.0903 : 0.3596 = 1 : 3.98 = 1 : 4
→ Hitterö . . . . . . . . . :
                                            = 0.0696 : 0.4185 = 1 : 6.01 = 1 : 6
                                   -->--
```

Es zeigt sich demnach, dass TiO₂ und Nb₂O₅ oder Salze von HNbO₃ und H₂TiO₃ einander in diesen Mineralien in ganz verschiedenem Verhältniss mit Beibehalten der Krystallform ersetzen können. Es ist aber eine auffallende und bemerkenswerthe Thatsache, dass sie - wie es in

genau entsprechender Weise auch in der Euxenit-Polykras-Reihe der Fall ist — einander wie es scheint, nicht, wie bei isomorphen Verbindungen gewöhnlich, in beliebigen, sondern nur in ganz bestimmten Verhältnissen ersetzen.

Ebenso zeigt der Vergleich beider Analysen, dass die zweiwerthigen II Elemente in verschiedenen beliebigen Verhältnissen theils von [(U,Th)O] theils von den dreiwerthigen Elementen Y, Er, Ce, La, Di ersetzt werden können.

Der Blomstrandin besteht somit aus Salzen der Metaniobsäure und der Metatitansäure von

$$\stackrel{\text{II}}{R} = Fe, Ca, Mn, Zn, Pb, Na_2, K_2, (UO), (ThO)$$
 und $\stackrel{\text{III}}{R} = Y, Er, Ce, La, Di.$

Im Blomstrandin von Hitterö verhalten sich die Salze der Metaniobsäure HNbO₃ zu denjenigen der Metatitansäure H₂TiO₃ wie 1:3, im Blomstrandin von Arendal ist das Verhältniss wie 1:2, im Blomstrandin vom Swazilande endlich wie 1:1.

Der Wassergehalt ist bei der oben angeführten Berechnung gar nicht berücksichtigt, aus dem Grunde, weil es als unzweiselhaft angesehen werden darf, dass derselbe secundär sein muss, jedenfalls bis auf geringe Spuren, welche der Zusammensetzung des Minerals ursprünglich angehörig gewesen sein könnten; der Blomstrandin ist, wie alle anderen in der Natur bekannten Niobate etc. von seltenen Erden, ein amorphes metamiktes Mineral, und beim Blomstrandin, wie bei den übrigen metamikt umgewandelten Mineralien, ist die Umwandlung (Umlagerung des Moleküls) von Wasserausnahme begleitet gewesen.

Vergleichen wir nun die Zusammensetzung des Blomstrandin mit derjenigen des Aeschynit von Miask, so ergiebt sich, wie man sieht, wesentlich der Unterschied, dass der Blomstrandin ein Titano-Niobat von Yttererden ist, der Aeschynit ein entsprechendes Salz von Ceritoxyden. Unten ist zum näheren Vergleich die Analyse Blomstrands des Blomstrandin von Hitterö mit der Analyse Rammelsberg's von dem uralischen Aeschynit angeführt:

¹ Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1877 (B. 29), P. 815-818; siehe auch Zeitschr. f. Kryst. & Min. B. III, P. 102.

| | | В | lo | mstrandin | Aeschynit |
|---------------------------|----|----|----|-----------|--------------------|
| | | | | Hitterö | Miask |
| Nb_2O_5 . | | | | 17.99 | 32.51 |
| Ta_2O_5 . | | | | 0.89 | |
| TiO_2 | | | | 32.91 | 21,20 |
| SnO_2 | | | | 0.12 | |
| SiO ₂ | | ٠. | | 0.38 | |
| UO ₂ | | | | 4.01 | - . |
| ThO_2 | | | | 7.69 | 17.55 |
| $(Y,Er)_2O_3$ | | | | 28.76 | 3.10 |
| (Ce,La,Di) ₂ C |)3 | | | 1.97 | 19.41 |
| FeO | | | | 1.48 | 3.7 I ¹ |
| MnO | | | | 0.27 | _ |
| CaO | | | | 1.02 | 2.50 |
| PbO | | | | 0.06 | _ |
| MgO | | | | 0.04 | |
| Na ₂ O | | | | 0.22 | _ |
| K ₂ O | | | | 0.19 | |
| H ₂ O | | | | 1.88 | 2 |
| | | | | 99.88 | 99.98 |

Rammelsberg's Analyse ist jetzt ziemlich alt (1877) und kann kaum als erschöpfend angesehen werden; die Trennungsmethoden waren damals noch viel ungenügender als heute.

Es ist demnach kaum zweiselhast, dass sich z. B. unter seiner ThO₂ auch noch andere Erden verbergen etc., so dass eine Berechnung der Analyse sich nicht befriedigend ausführen lässt, um so mehr als Rammelsberg nicht die Atomgewichte seiner Fällungen angiebt.

Eine Berechnung des Aeschynit von Miask, basirt auf Rammelsberg's Analyse giebt:

¹ Fc₂O₈.

² Der (sekundäre) Wassergehalt ist nicht angegeben.

| Berechnet man | das | Fe.O. | als | FeO | erhält | man: |
|---------------|-----|-------|-----|-----|--------|------|
|---------------|-----|-------|-----|-----|--------|------|

| RO | | | | | | o. o 678 |
|-----------------------|------------------|------------------|-----|---|---|-----------------|
| Nb_2O_5 | | | | | | 0.0678 |
| R[NbO ₃ |]2 | | | | | 0.1356 |
| ThO ₂ . | | | | | | 0.0535 |
| Nb_2O_5 | | | • | • | • | 0.0535 |
| (ThO) . [| Nb | O ₃ |]2 | | • | 0.1070 |
| ThO ₂ . | | | | | | 0.0127 |
| TiO ₂ . | • | | • | | • | 0.0254 |
| Th.[TiC |) ₃] | 2 · | • | • | | 0.0381 |
| (Ce,Y) ₂ C |)3 | | | | | 0.0707 |
| TiO ₂ . | | | | | • | 0.2121 |
| (Ce,Y) ₂ [| ΓiC |) ₃] | 3 . | | | 0.2828 |

Es bleibt dabei ein Rest von 2.20 % TiO2 ungesättigt.

Auch der Aeschynit von Miask enthält somit offenbar eine Mischung von metaniobsauren und metatitansauren Salzen von zweiwerthigen und dreiwerthigen Elementen, zum Unterschied vom Blomstrandin, aber mit vorherrschenden Ceritoxyden, anstatt der Yttererden des letzteren. Nach der Analyse Rammelsberg's sollte im Aeschynit von Miask das Verhältniss der Salze der Metaniobsäure HNbO_3 zu denjenigen der Metatitansäure $\operatorname{H}_2\operatorname{TiO}_3$, wie in dem von Prior analysirten Mineral von Swaziland, ungefähr = 1:1 sein.

Der Aeschynit von Miask wäre somit ein Cerium-Aeschynit, der Blomstrandin von Hitterö, Arendal etc. ein Yttrium-Aeschynit. Wie ich früher nachgewiesen habe, sind die beiden Mineralien in geometrischer Beziehung homoiomorph, mit ziemlich nahe übereinstimmenden Achsenverhältnissen, obwohl mit verschiedenem Typus.

Das spec. Gewicht wurde für den Aeschynit von Miask von Kokscharow u. Rammelsberg = 5.12-5.17 angegeben; für den Blomstrandin von Arendal wurde dasselbe bestimmt = 4.91, für denjenigen von Hitterö = 4.93 bis 482.

Norwegische Vorkommen des Blomstrandin.

1. Urstad auf der Insel Hitterö, bei Flekkefjord.

Dies zuerst beschriebene Vorkommen hat sowohl die am besten ausgebildeten, als auch die grössten und zahlreichsten Krystalle des Minerals geliefert.

Die krystallographische Ausbildung der Krystalle dieses Vorkommens habe ich früher (l. c.) beschrieben. Die Krystalle sind immer tafelartig nach b \010\, mit vorherrschender Combination: b \010\, n \130\ und c |001|; zu diesen Flächen gesellen sich recht häufig auch x |021|, bisweilen so stark ausgebildet, dass die Basisfläche sehr stark oder vollständig zurücktritt und somit die Combination b 3010, n 1130 und x 3021 resultirt. Endlich treten, namentlich an kleinen Krystallen, auch die Flächen von m |110|, r |120|, p |111|, d |101| sammt c |001| mit den vorherrschenden Flächen von b 3010, n 3130 und x 3021 zusammen auf. Immer ist aber die Tafelform nach |010| ausgesprochen, und immer ist die Tafelebene 1010 selbst horizontal gestreift. (Siehe Fig. 2, 4 und 7, Tab. IV und Fig. 4, Tab. V).

Die Krystalle von Urstad Feldspathbruch haben z. Th. eine bedeutende Grösse erreicht; der grösste Krystall in der Mineraliensammlung der Universität Kristiania ist, obwohl nur ein Bruchstück, doch beinahe 3 Kilogramm schwer. Es sind aber Klumpen von reinem Blomstrandin ca. 20 Kilogramm schwer gefunden. Die am besten messbaren Krystalle sind ganz kleine, kaum 1 cm. grosse, dünne, in Feldspath eingewachsene Tafeln vom Typus der Fig. 4, Tab. IV gewesen.

Der Blomstrandin von Urstad ist sehr tief braunschwarz gefärbt, stark, beinahe halbmetallisch, glänzend und mit ziemlich grossmuscheligem Bruch. Die Krystalle sind auf den Krystallflächen theils rein schwarz, theils mit einer ganz dünnen braunen Oxydationshaut überzogen. Die Krystallflächen sehen beim ersten Anblick selbst an den grossen Tafeln sehr eben und gut ausgebildet aus; wenn man dieselben am Reflexionsgoniometer näher betrachtet, erscheinen sie doch fast durchgehends mit kleinen Vertiefungen und Unebenheiten allerlei Art versehen, so dass die Messungen - nur mit seltenen Ausnahmen - bei weitem weniger gut sind, als man beim ersten Anblick erwarten sollte. Nur ganz kleine Krystalltafeln von 2 bis 3 mm. Dicke und weniger als 1 cm. hoch und breit geben einigermassen gute Messungen.

Da mein Material etwas grösser und besser war, als im Jahre 1879, habe ich das gesammte Material neu gemessen und daraus ein neues, wie ich annehmen darf, genaueres Achsenverhältniss berechnet. Für diese Berechnung wurden folgende Messungen als die besten zu Grunde gelegt:

p:p(111):(111) . . . 42° 17′ p:m(111):(110) . . . 32° 44′

woraus:

a:b:c == 0.4746:1:0.6673.

| | | Berechnet | Gemessen |
|----------------------------------|--|-------------------|-------------------|
| c: x (001): (021) | | 53° 9½' | _ |
| x : b (021) : (010) | | 36° 50 <u>1</u> ′ | 36° 35′ |
| $x : x (021) : (\overline{021})$ | | 106° 19′ | |
| d : d (101) : (101) | | 109° 8′ | _ |
| d: a (101): (100) | | 35° 26′ | _ |
| p:'p(111):(111) | | *42° 17′ | *42° 17′ |
| p : p' (111) : (111) | | 98° 55′ | |
| p : p, (111) : (111) | | 65° 28′ | _ |
| p : m (111) : (110) | | *32° 44′ | *32° 44′ |
| p : b (111) : (110) | | 68° 51½′ | 68° 52′ |
| m : m (110) : (110) | | 50° 47′ | 51° 8′ |
| m : b (110) : (010) | | 64° 36 <u>‡</u> ′ | 64° 26′ |
| m:r (110):(120) | | 18° 7' | (16° 56′18° 43′) |
| r:'r (120): (120) | | 87° 1′ | |
| r : b (120) : (010) | | 46° 291′ | (47° 30′) |
| r:n (120):(130) | | 11° 241′ | (10° 17′—11° 47′) |
| n: n (130): (130) | | | 109° 32′ |
| n : b (130) : (010) | | 35° 5′ | (34° 43′—35° 43′) |

Für die meisten Messungen ist die Übereinstimmung mit den berechneten Werthen nicht besonders gut; trotzdem halte ich das Achsenverhältniss für verhältnissmässig genau, da die beiden zu Grunde gelegten Messungen gut waren. Ein genauerer Vergleich mit dem Achsenverhältniss des Aeschynit von Miask lässt sich nicht durchführen, da die Messungen an diesem noch bedeutend weniger genau gewesen sind, als diejenigen am Blomstrandin.

2. Unbekanntes Vorkommen von der Insel Hitterö.

Mit der Etikette Hitterö erhielt ich Mitte der 90-er Jahre eine geringe Anzahl Krystalle von Blomstrandin mit etwas abweichendem Aussehen und etwas anderem Typus als die Krystalle von Urstad; bei näherer Nachfrage konnte ich nur die Auskunft erhalten, dass diese Krystalle nicht von dem Pegmatitgang bei Urstad herstammten, sondern von einem anderen Pegmatitgang auf Hitterö.

Diese Krystalle sind sämmtlich ausgezogen nach der a-Achse und zeigen die Flächen von b o 10 und c o 1 ungefähr in Gleichgewicht; ausserdem zeigen sie die Flächen von m \110\ und n \130\, oft in Gleichgewicht, bisweilen doch m vorherrschend. Nur an ein Paar Krystallen kamen dazu noch kleine Flächen von p 1111 und von r 120 sammt an einem Krystall von x |021| und von d |101|. (Siehe Fig. 1, 3 und 5, Tab. IV). Der grösste Krystall dieses Vorkommens ist 3 cm. lang (nach der a-Achse), 1 cm. hoch (nach der c-Achse) und 0.8 cm. dick (nach der b-Achse). Die Flächen dieser Krystalle sind ziemlich eben, mit brauner Haut bedeckt; an Bruchflächen sind sie bräunlich, mit fettartigem Glasglanz, deutlich heller gefärbt als der Blomstrandin von Urstad.

Die Krystalle konnten nur mit Anlegegoniometer gemessen werden; die Messungen stimmten gut mit denjenigen an den Krystallen von Urstad überein.

3. Eitland, im Kirchspiel Vanse auf Lister, SW-Norwegen.

Im Jahre 1802 erhielt ich von Professor P. Waage ein Paar grosse Stufen eines schweren, schwarzen Minerals, das bei näherer Untersuchung mit dem Blomstrandin identificirt werden konnte. Das grösste, 18/4 Kilogramm schwere Stück bestand ganz und gar aus einem Krystallstock von nahezu parallel orientirten dicken Tafeln von Blomstrandin, mit rauhen, matten, mit einer braunen Oxydationshaut bedeckten Flächen. Dieser Krystallstock bildete somit eine dicke Tafel, ca. 12 cm. hoch (nach der c-Achse), 9 cm. breit (nach der a-Achse) und etwa 7 cm. dick (nach der b-Achse). Kleine aufsitzende Tafeln erlaubten die Erkennung der Flächen als b |010|, horizontal gestreift, c |001|, m |110| und n |130|, x |021 .

Die Messungen waren nur approximativ, aber der ganze Habitus der Krystalle und das Aussehen des Minerals im Allgemeinen lässt keinen Zweifel übrig, dass hier ein weiteres, charakteristisches Vorkommen von Blomstrandin vorliegt. Als Lokalität wurde mir von Professor Waage aufgegeben ein Pegmatitgang bei Eitland (in Vanse, W. von Farsund). Hier sind mehrere grosse granitische Pegmatitgänge, welche seltene Mineralien geliefert haben, so gute Krystalle von Thorit, ausgezeichnete Stufen mit grossen Krystallen von Euxenit etc.

4. Frikstad, Kirchspiel Iveland, im Sætersdal.

Von diesem Vorkommen besitzt cand, min. A. Guldberg einen Krystall, eine Tafel nach 3010 mit der Combination: 3010 301 3130 und als ganz schmale Abstufung \110\; der Krystall ist ungefähr 3 cm. X 2.5 cm. X 0.5 cm., von braunschwarzer Farbe, ziemlich genau gleich den gewöhnlichen Taseln von Hitterö, und wie diese mit horizontaler Streisung auf den Flächen von (010). Der Krystall sitzt in einer Stuse von gewöhnlichem Granitpegmatit und stammt aus einem der Pegmatitgänge bei Frikstad; es ist von Interesse, dass auf diesen Gängen auch Krystalle von einem schwarzen, dem Polykras ähnlichen Mineral gesunden sind, eine Analogie mit dem Zusammenvorkommen von Blomstrandin und Polykras auf den Gängen von Hitterö.

Ein zweiter Krystall von einem der Gänge bei Frikstad in Iveland wurde mir von Herrn Amanuensis J. Schetelig (1906) gebracht (Fig. 5, Tab. V); derselbe zeigt fast nur die Formen \(\mathrea{110}\); \(\mathrea{010}\); und \(\mathrea{001}\), ungefähr in Gleichgewicht.

5. Lundekleven, Kirchspiel Evje im Sætersdal.

Von diesem Vorkommen wurde von Herrn Stud. min. Hornemann ein einziger, etwa 1—2 cm. grosser Krystall dem min. Institut
der Universität gebracht; derselbe wurde von meinem Amanuensis Jac.
Schetelig als dem Blomstrandin angehörig erkannt. Durch Messungen
(mittelst angeklebter Glasblättchen) wurden die folgenden Werthe erhalten,
welche zeigen, dass die Combination von der gewönnlichen des Blomstrandin abweichend ist.

Der Krystall ist nämlich zwar wie gewöhnlich dicktaselig ausgebildet nach 5010, und auch wie gewöhnlich horizontal gestreist an 5010, es treten aber ausser 5010, und 5001, sammt 5021, (als schmale Abstumpsung) nicht die sonst gewöhnlichen Flächen aus, sondern die Formen

$$a = |100|$$

 $t = |140|$
 $\pi = |121|$

Die Combination ist somit:

eine sonst nicht bekannte Combination (siehe Fig. 6, Tab. IV).

Die Bestimmung der Flächen ergiebt sich aus den Messungen:

Im Ganzen sind somit am Blomstrandin folgende Formen bekannt:

| а | 100 | t | 140 |
|---|------------------|---|-------|
| b | 010 | x | 021 |
| С | 001 | d | 101 |
| m | 110 | p | {111} |
| r | 120 | π | {121} |
| n | 1130 | | |

Der Blomstrandin von Lundekleven ist, wie die übrigen Vorkommen, bräunlichschwarz bis reinschwarz; ob das Mineral dieselbe Zusammensetzung wie die analysirten Vorkommen besitzt oder eine davon abweichende, liess sich natürlich nicht ohne eine quantitative Analyse, wozu das Material fehlte, constatiren. Da die Krystallform jedenfalls mit dem des Blomstrandin stimmt, habe ich das Vorkommen vorläufig unter diesem Mineral aufgeführt.

6. Mörefjær, O. von Arendal.

Von einem grossen Pegmatitgang bei Mörefjær, ca. 5 Km. östlich von Arendal, brachte Mitte der 70-er Jahre Dr. Stolz der Mineraliensammlung der Universität Kristiania ein Paar Krystallbruchstücke eines rein schwarzen Minerals, welches damals nicht näher bestimmt werden konnte; später erhielt ich in den 80-er Jahren von derselben Lokalität einige vollkommen ähnlich aussehende Krystalle, von welchem Analysenmaterial an Prof. Blomstrand abgegeben wurde (Originalmaterial der Analyse II, oben P. 99), wodurch die Stellung des Minerals sicher entschieden werden konnte.

Die Krystalle sind dicktafelig nach b |010|, mit Flächen von c |001|, n 130 und x 1021; die Flächen sind nicht sehr eben und die Krystalle ziemlich rauh.

Die Übereinstimmung der Messungen mit denjenigen am Blomstrandin von Urstad war doch vollkommen genügend. Die Krystalle sehen übrigens in so fern etwas fremdartig aus, als die Krystallflächen mit einer distinkt blaugrauen Oxydationskruste bedeckt sind, und an Bruchflächen rein schwarz sind, mit bedeutend matterem Glanz als die stark glänzenden, tief braunschwarzen Krystalle von Urstad. Ganz analog dazu giebt es auch Euxenitkrystalle mit blaugrauer (z. B. Alve, Mörefjær etc. bei Arendal), und andere mit gelbbrauner Oxydationshaut (z. B. Eitland, Lister etc.). Die grössten Krystalle des Blomstrandin von Möresjær erreichten ca. 7-8 cm. (in der Richtung der c-Achse).

7. Salterö bei Arendal.

Von einem Pegmatitgang nahe bei Salterö (O. von Arendal, aber näher als Mörefjær) brachte 1899 Cand. min. A. Guldberg der Mineraliensammlung der Universität Kristiania ein Bruchstück eines einzelnen Krystalles von ganz typischem Blomstrandin, ungefähr ½ einer dicken Tafel nach b \010\, mit grossen Flächen von n \130\ und x \021\, sammt c \001\. Die Flächen waren sehr eben und liessen sich gut messen mit Handgoniometer; die Winkel zeigten trotzdem nicht geringe Abweichungen von den berechneten, so z. B. (010): (021) 35° 20′ (berechnet 36° 50½′), (010): (130) 33° 30′ (ber. 35° 5′); die Flächen von \001\ sind ganz schief zu \010\. Die Flächen von \010\ sind wie gewöhnlich am Blomstrandin fein horizontal gestreift und die Oxydationshaut, wie an den Krystallen von Urstad, braun. — — — —

Blomstrandin-ähnliches Mineral (Priorit) von Swaziland, Afrika.

Die oben erwähnten 7 Vorkommen können ganz sicher zu der Blomstrandin-Reihe hingeführt werden; ausser diesen giebt es noch ein Paar norwegische Vorkommen ähnlicher Mineralien, welche möglicher Weise dem Blomstrandin angehörig sind, welche aber zu schlecht ausgebildete Krystallausbildung aufweisen um sicher bestimmt zu werden, weshalb ich dieselben nicht näher erwähnen will.

Dagegen dürste ziemlich sicher das schon von G. T. Prior (l. c.) beschriebene Vorkommen vom Swaziland ebenfalls den Mineralien der Blomstrandinreihe angehörig sein. Wie Mr. Prior selbst angegeben hat, stimmen die Krystalle dieses Vorkommens in ihrer Ausbildung und in ihrem taselsörmigen Typus mit den Krystallen des Blomstrandin von Hitterö; die Abweichungen der genannten Winkelwerthe für (130): (130) = 118° (anstatt 109° 50′) resp. für (110): (110) = 54° (anstatt 50° 47′) sind zwar gross, jedoch nicht grösser, als dass sie auch bei schlecht ausgebildeten Krystallen des Vorkommens von Urstad vorkommen können. Da nun auch die Analyse Prior's eine in der Hauptsache analoge Zusammensetzung zeigt, dürste es wohl als ziemlich unzweiselhast angesehen werden können, dass das Vorkommen vom Swaziland den Mineralien der Blomstrandinreihe und nicht der Euxenit-Polykrasreihe angehört 1.

Dagegen ist es nicht sicher, dass die von Prior (ebendaselbst P. 100) erwähnte Analyse von Euxenit von Hitteröe von C. Jahn (lnaug.-Dissert. Jena) auch auf den Blomstrandin von Urstad zu beziehen ist; es sind nämlich früher ganz sicher unter dem Namen Euxenit von Hitteröe auch wirkliche Euxenite in den Handel gekommen, und da das von Jahn analysirte Vorkommen keine Krystallstächen zeigte, lässt sich diese Frage deshalb nicht entscheiden.

Ganz aus derselben Betrachtung geleitet, welche oben für die Mineralien dieser Reihe geltend gemacht wurde: dass die beiden Endglieder einer homöomorphen Reihe, nach der bis jetzt üblichen Sitte, mit zwei getrennten Namen bezeichnet werden müssen, muss auch für das Mineral von Swaziland, - welches chemisch dem Euxenit entspricht — ein besonderer Name gegeben werden, zum Unterschied von dem zweiten, dem Polykras entsprechenden Endglied der Serie, welches oben als Blomstrandin bezeichnet wurde.

Für dies zweite Endglied der Blomstrandinreihe schlage ich hiermit den Namen Priorit vor, nach Herrn G. T. Prior, welcher zuerst ein Vorkommen dieses dem Euxenit entsprechenden Minerals untersucht und beschrieben hat. Ob vielleicht einige der oben als Blomstrandin aufgeführten, nicht chemisch analysirten norwegischen Vorkommen in der That dem Priorit angehörig sind, muss vorläufig unentschieden gelassen werden.

Verhalten der Euxenit-Polykras-Reihe zu der Blomstrandin-Priorit-Reihe

Wie schon aus der obenstehenden Darstellung hervorgeht, ist die chemische Zusammensetzung einerseits der Mineralien der Euxenit-Polykras-Reihe und andrerseits der Blomstrandin-Priorit-Reihe als procentisch gleich anzusehen. Eine Zusammenstellung einiger Analysen beider Reihen wird diese Thatsache noch besser darlegen:

| Euxenit, | Priorit, | Polykras, | Blomstrandin, |
|---|-----------|---------------|---------------|
| Alve | Swaziland | Hitterö | Arendal |
| (Rammelsberg) | (Prior) | (Rammelsberg) | (Blomstrand) |
| Nb ₂ O ₅ 35.09 | 36.68 | 22.75 | 23.35 |
| Ta ₂ O ₅ — | _ | 2.00 | 1.15 |
| TiO ₂ 21.16 | 21.89 | 27.84 | 27.39 |
| ZrO ₂ – | _ | _ | 1.33 |
| SnO ₂ — | 0.29 | _ | o. 18 |
| SiO ₂ – | 2.12 | _ | 0.40 |
| UO ₂ 4.78 | 0.49) | 6.66 | 5.35 |
| UO ₃ — | 2.14 3.24 | - | - |
| ThO_2 — | 0.61) | _ | 4.28 |
| (Y,Er) ₂ O ₃ 30.88 | 17.11 | 31.65 | 25.62 |
| (Cc,La,Di) ₃ O ₃ 3.17 | 4.32 | 2.78 | 2.48 |
| FeO 1.38 | 5.63 | 1.58 | 1.43 |
| MnO — | 0.19 | i – | 0.30 |
| CaO — | 4.12 | - | 1.80 |
| PbO & ZnO — | _ | - | 0.93 |
| MgO – | 0.22 | _ | 0.15 |
| Na ₂ O ∸ | - | - | 0.90 |
| K ₂ O — | _ | ! – | 0.18 |
| H ₂ O 2.63 | 3.69 | 3.51 | 2.56 |
| 99.09 | 99.50 | 98.77 | 99.78 |

Zwar sind in den Mineralien der Blomstrandin-Priorit-Reihe scheinII
bar etwas weniger von R-Oxyden, etwas mehr von Sesquioxyden vorhanden, dieser Unterschied kann aber kaum wesentlich sein, um so mehr,
als dies Verhältniss nicht durchgehends so ist.

In Betracht der grossen Unterschiede innerhalb der Mineralien der einzelnen Reihen, scheint es mir berechtigt zu schliessen, dass beide Reihen thatsächlich als im Wesentlichen gleichartig zusammengesetzt angesehen werden können.

Da nun auch beide Reihen im rhombischen Systeme krystallisiren, scheint es angemessen, die gegenseitigen krystallographischen Beziehungen beider Reihen näher ins Auge zu fassen. Vergleichen wir deshalb zuerst die Achsenverhältnisse beider Reihen; dieselben sind nach den oben gewählten Stellungen für:

Euxenit (Polykras) Blomstrandin a:b:c=0.3789:i:0.3527 a:b:c=0.4746:0.6673.

Werden nun in dem Achsenverhältniss des Blomstrandin die Achsen derartig vertauscht, dass die a-Achse als c-Achse, die b-Achse als a-Achse, die c-Achse als b-Achse genommen wird, so setzt sich das Achsenverhältniss um in:

a':b':c'=1:0.6673:0.4746

oder, wenn b' = 1, zu:

a'' : b'' : c'' = 1.4986 : 1 : 0.71122.

Wird nun die Achse a" mit 4, die Achse c" mit 2 getheilt, erhält man das neue Achsenverhältniss des Blomstrandin

$$a''':b''':c'''=0.3746:1:0.3556.$$

Dies Achsenverhältniss stimmt, wie man sieht, ganz auffallend nahe mit dem oben gefundenen Achsenverhältniss des Euxenit (Polykras) überein.

Die Formen des Euxenit und des Blomstrandin entsprechen einander in den zuerst-erwählten Stellungen dann in folgender Weise:

| | | Blo | ormen de mstran te Stellun | dir | 1 | 1 | Blo | ormen des mstrandin ue Stellung: | Entsprechende Formen des Euxenit (Polykras) |
|---|--|-----|----------------------------------|-----|---|---|-----|--|---|
| a | | | 100 | | | | | 1001 | c 001 |
| b | | | 010 | | | | | 001 | a 100 |
| С | | | 100 | | | | | (010) | p 010 |
| m | | | 110 | | | | | 102 | |
| r | | | 120 | | | | | 101 | i }101} |
| n | | | 1130 | | | | | 302 | |
| t | | | 1140 | | | | | 201 | e {201} |
| x | | | 021 | | | | | 1120 | |
| d | | | 101 | | | | | 021 | h 021 1 |
| р | | | 1111 | | | | | 142 | l '—' |
| π | | | 121 | | | | | 121 | β 121 |

Umgekehrt erhalten folgende, bei dem Euxenit (Polykras) oder jedensalls beim Columbit z. Th. häufige und allgemeine Formen, die aber entsprechend beim Blomstrandin nie beobachtet sind, auf das (erste) Achsenverhältniss dieses Minerals bezogen, folgende Indices:

Formen des Euxenit (Polykras):

| g 110 | entspricht | bei dem Blomstrandin | (erste Stellung) | 041 |
|---------|------------|----------------------|------------------|------|
| m {130} | » | a | _ | 043 |
| z 150 | » | a | | 045 |
| u {111} | n | » | _ | 241 |
| 0 131 | n | — n — | | 1243 |

Diese Formen fehlen sämmtlich beim Blomstrandin.

Die Übereinstimmung der berechneten Winkel der Formen des Euxenit (Polykras) einerseits und der Winkel der Formen des Blomstrandin andererseits ergiebt sich aus der folgenden Zusammenstellung:

| Euxeni | t (1 | Po | lyl | kra | as): | Priorit-F | | | |
|---------------|------|----|-----|-----|----------|--------------------------|--|--|---------|
| (110) : (110) | | | | | 41° 30′ | (041) : (041) | | | 41° 21' |
| (110) : (010) | | | | | 69° 15′. | (041) : (001) | | | 69° 28' |
| (130) : (130) | | | | | 74° 19' | $(021):(0\overline{2}1)$ | | | 73° 41′ |
| (120) : (010) | | | | | 52° 51' | (021) : (001) | | | 53° 9½′ |
| (130) : (130) | | | | | 97° 19′ | (043) : (043) | | | 96° 40' |

¹ Ist nicht am Euxenit (Polykras), sondern am Columbit bekannt.

² Die mit Petit gedruckten Winkel beziehen sich auf Formen, welche bei dem betreffenden Mineral nicht beobachtet sind.

| Euxeni | t (| Po | ly | kr | a s): | Priorit-Blomstrandin (erste Stellung): |
|------------------------|-----|----|----|----|----------|---|
| (130) : (010) | | | | | 41° 201′ | (043) : (001) 41°404 |
| (150) : (150) | | | | | 124° 21' | (045) : (045) 123° 48′ |
| (150) : (010) | | | | | 27° 49½′ | (045) : (001) 28° 6 ′ |
| (102) : (100) | | | | | 65° 2½' | (110): (010) 64° 36½′ |
| (101) : (100) | | | | | 47° 3′ | (120) : (010) 46° 29½′ |
| (302) : (100) | | | | | 35° 36½' | (130): (010) 35° 5′ |
| (201) : (100) | | | | | 28° 14½′ | (140) : (010) 27° 44′ |
| (301) : (100) | | | | | 19° 42′ | (160) : (010) 19 ⁰ 21' |
| (011) : (01i) | | | | | 141° 9′ | (201) : (201) 140° 51' |
| (011) : (001) | | | | | 19° 26′ | (201) : (100) 19° 34½° |
| (021) : (021) | | | | | 109° 36′ | (101) : (101) 109° 8′ |
| (021) : (001) | | | | | 35° 12′ | (101): (100) 35° 26′ |
| (111) : (111) | | | | | 28° 57′ | (241) : (241) 28° 55½° |
| (111) : (111) | | | | | 82° 34′ | (241) : (241) 83° 37' |
| (111) : (111) | | | | | 90° 15′ | (241) : (241) 89° 13½° |
| (121) : (121) | | | | | 54° 37′ | $(121): (12\overline{1}) \dots 54^{\circ} 34\frac{1}{2}'$ |
| (121) : (121) | | | | | 74° 31′ | $(121):(1\overline{2}1) 75^{\circ} 26'$ |
| (121) : (12i) | | | | | 81° 8½' | $(121):(\bar{1}21)$ 80° $17\frac{2}{3}$ |
| (131) : (131) | | | | | 75° 30′ | (243) : (243) |
| (131) : (131) | | | | | 65° 11′ | (243) : (243) 65° 59' |
| (131) : (131) | | | | | 70° 45′ | (243) : (243) 70° ½' |
| (142) : (142) | | | | | 65° 13' | (111): (11ī) 65° 28′ |
| (142) : (142) | | | | | 41° 38′ | (111): (111) 42° 17′ |
| (142) : (142) | | | | | 99° 36' | (111): (111) 98° 55′ |

Wie aus der obenstehenden Tabelle hervorgeht, stimmen die bei beiden Mineralien-Reihen einander entsprechenden Winkel sehr nahe; diese Thatsache ist sehr auffallend, da die betreffenden Achsenverhältnisse a:b:c für Euxenit (Polykras) und a:b:c für Blomstrandin aus den Messungen abgeleitet wurden, ohne dass ich eine Ahnung von diesen nahen Beziehungen hatte.

Auf der anderen Seite ist es eine nicht weniger auffallende Thatsache, dass (abgesehen von den Pinakoiden) diejenigen Formen, welche bei den Mineralien der einen Reihe dominiren und charakteristisch sind, bei denjenigen der anderen Reihe in der Regel fehlen. So kommen z. B. die den charakteristischen Vertikalprismen [110], [130]. [150] der Euxenit-Polykras-Mineralien entsprechenden Formen beim Blomstrandin nicht vor, während umgekehrt in

der Euxenit-Polykras-Reihe das Prisma 120 (welchem die beim Blomstrandin beobachtete Form |021| entspricht) fehlt.

Umgekehrt fehlen auch die Formen, welche den herrschenden Prismen des Blomstrandin |110| und |130| entsprechen sollten, beim Euxenit (Polykras) vollständig, und nur zu den beim Blomstrandin seltenen Vertikalprismen |120| und |140| finden sich beim Euxenit (Polykras) entsprechende Formen.

Am meisten auffallend ist es aber, dass eben den Grundpyramiden | | | | beider Reihen entsprechende Formen gegenseitig sehlen.

Dazu kommt, dass der Habitus beider Reihen fast durchgehends sehr verschieden ist, indem die Mineralien der Euxenit-Polykras-Reihe gewöhnlich nach anderen Richtungen ausgezogen, respective tafelförmig ausgebildet sind, als die Mineralien der Priorit-Blomstrandin-Reihe.

Dass aber trotzdem die nachgewiesene Relation eine wesentliche, nicht eine zufällige ist, scheint durch den Umstand bestätigt, dass ich an einer Stufe von einem unbekannten Vorkommen auf der Insel Hitterö (von Herrn Prof. J. H. L. Vogt gesammelt) eine Tafel von Blomstrandin mit einem an der Tafelebene loiol in orientirter Lage angewachsenen Polykraskrystall entdeckte, dessen Orientirung genau derjenigen Stellung beider Mineralien entspricht, bei welcher die oben abgeleiteten Achsenverhältnisse derselben nahezu gleich sind (siehe Tab. V, Fig. 8). Diese gesetzmässige Verwachsung beider Mineralien stützt in hohem Grade die Auffassung, dass die oben gefundenen krystallographischen Beziehungen durch eine nahe Verwandtschaft beider Reihen erklärt werden müssen.

Es sind nun zwei Erklärungen möglich: entweder sind 1) beide Reihen auch in krystallographischer Beziehung als identisch aufzufassen, oder aber

2) sie repräsentiren zwei dimorphe Modifikationen derselben Mischung.

Die durchgehenden Unterschiede sowohl in ihrer Ausbildung als in den Combinationen machen es äusserst wahrscheinlich, dass die Wahrscheinlich verletztere Annahme vorzuziehen ist. halten sich die beiden Reihen zu einander ungefähr wie Pyroxen zu Hornblende. Diese Auffassung wird gewissermassen gestützt durch die Zusammenstellung der beim Polykras (Euxenit) einerseits und der beim Blomstrandin andererseits herrschenden Formen, bei beiden auf entsprechende Achsenverhältnisse der Euxenit-Polykras-Stellung bezogen; es herrschen bei:

| Euxenit | Blomstrandin ¹ | | | | | | |
|-------------------------|---|--|--|--|--|--|--|
| (Polykras) ¹ | a. auf das dem Polykras entsprech. Achsenverh. bezogen. | b. Gewöhnliche Stellung. | | | | | |
| {110 } | | | | | | | |
| | 120 | 021 | | | | | |
| 1130 | | | | | | | |
| _ | 102 | 110 | | | | | |
| 101 } | 101 | 120 | | | | | |
| _ | 302 | 1130 | | | | | |
| 201 | 201 | 140 | | | | | |
| 1111 | _ | _ | | | | | |
| 131 | _ | _ | | | | | |
| _ | {142 } | 1111 | | | | | |
| 121 | 121 | 121 | | | | | |
| _ | 021 | 1101 | | | | | |
| | | | | | | | |

Dies Verhältniss erinnert sehr an dasjenige des Pyroxen zur Hornblende, wo z. B. das dem Spaltungs-Prisma |110| des Pyroxen entsprechende Prisma bei der Hornblende beinahe sehlt, während das Hornblendespaltungsprisma — welches einem Prisma |210| beim Pyroxen entsprechen würde — umgekehrt bei diesem sehlt etc.

Ein absolut zwingender Beweis dieser Auffassung lässt sich leider nicht schaffen, da die Mineralien der Euxenit-Polykras-Reihe, sowie auch diejenigen der Priorit-Blomstrandin-Reihe sämmtlich eine metamikte amorphe Umwandlung erlitten haben, und somit nicht durch orientirte Spaltbarkeitsrichtungen, oder durch verschiedene optische Orientirung etc. unterschieden werden können. Es dürfte aber zugegeben werden, dass die oben nachgewiesenen Relationen beider Reihen kaum ohne eine derartige Annahme befriedigend erklärt werden können.

Ich habe es deshalb auch berechtigt gefunden, die beiden, durch sehr constante Merkmale gut charakterisirten Reihen als krystallographisch verschieden auseinander zu halten, so wie es auch immer früher geschehen ist, ehe die oben nachgewiesenen nahen Beziehungen beider bekannt waren.

¹ Die mit Petit gedruckten Indices beziehen sich auf seltene Formen.

Die Verbindungen R. RO₃-Homoiomorphie der Metatitanate und der Metaniobate'.

Verbindungen der 4-werthigen Elemente C, Si, Ti, Zr, Sn, Mn sind häufig unter sich homoiomorph, oder zeigen jedenfalls so nahe morphotropische Relationen, dass eine Anzahl derselben nach der üblichen Sitte als homoiomorph (isomorph) bezeichnet werden kann. Wie weit man diesen Begriff ausdehnen darf, darüber herrschen bei verschiedenen Autoren ziemlich verschiedene Ansichten.

Gewöhnlich hat man - namentlich infolge der historischen Entwickelung der Begriffe Isomorphie oder Homoiomorphie, aus einer Reihe von chemischen Untersuchungen und Krystallisationsversuchen - mit diesem Begriff die Anforderung verknüpft, dass homoiomorphe Verbindungen die Fähigkeit besitzen müssten, in allen Verhältnissen mit einander aus derselben Lösung zusammen krystallisiren zu können. Dieser Forderung wird bei einer sehr grossen Anzahl von homoiomorphen Verbindungen Genüge gethan; bei einer grossen Anzahl anderer Verbindungen, welche sich ihrer Krystallform und ihrem Typus nach vollkommen als homoiomorphe Verbindungen verhalten, dagegen nicht.

Besonders weit ist in dieser Beziehung J. W. Retgers gegangen. So will er z. B. gar keine Isomorphie (ich sage lieber Homoiomorphie) zwischen Beryllium und seinen Verbindungen mit den Metallen der Magnesiumgruppe und ihren Verbindungen anerkennen, weil sie in einigen analogen Reihen nicht isomorphe Mischungen bilden, und weil sie verschiedene Molekülarvolume haben 2. Retgers wollte

¹ Dieser Abschnitt war im wesentlichen schon im Anfang von 1893 entworfen; derselbe wurde im Frühling dieses Jahres (1906) umgearbeitet. Nachdem er schon fertig geschrieben war, wurde ich zufällig auf die werthvollen Bemerkungen Böggild's über "Compounds of titanates, silicates etc. with niobates, phosphates etc." in seiner Abhandlung "On some minerales from the nepheline-syenite at Julianehaab, Greenland" (in "Medd. om Grönland" Vol. XXVI (1903) aufmerksam. Er macht hier eine Anzahl ähnlicher Zusammenstellungen, wie die von mir versuchten. Dieselben haben keine einzige Änderung oder Hinzufügung in meiner Darstellung veranlasst.

² Es sind doch erstens die Elemente Be, Mg und Cd vollkommen krystallographisch homoiomorph mit charakteristischer hexagonaler Ausbildung (wie ich zuerst nachgewiesen habe), zweitens sind auch die Oxyde BeO und ZnO ebenfalls homoiomorph mit charakteristischer hemimorpher Ausbildung, ferner gilt dasselbe noch den Sulphiden, Silikaten etc. (siehe namentlich F. Rinne. "Vergl. v. Metallen m. ihren Oxyden etc." Neues Jahrb. f. Min. 1894, I S. 1 ff.).

auch keine *Isomorphie* zwischen dem Zirkon einerseits und dem Rutil (und Zinnstein etc.) andererseits erkennen. Ebenso wenig könne seiner Ansicht nach im Allgemeinen von einer isomorphen Vertretung der SiO₂ durch TiO₂ die Rede sein. Das Silicium sollte im Gegentheil mit den übrigen tetravalen Elementen in Verbindungen *anti-isomorph* sein.

Derartige Behauptungen scheinen mir durchaus von einem tief eingreifenden Missverständniss herzurühren. Wie es im Worte »Isomorphie« (oder »Homoiomorphie«) selbst liegt, ist das entscheidende für diesen Begriff in erster Linie doch wohl eine wesentliche Übereinstimmung in der Krystallform der betreffenden Verbindungen.

Diese Übereinstimmung muss, um als Homoiomorphie charakterisirt zu werden, allerdings wesentlich, nicht zufällig sein, das heisst: die Übereinstimmung der äusseren Formausbildung muss eine derartig nahe und auffallende sein, dass man daraus mit Wahrscheinlichkeit auf eine entsprechende Übereinstimmung im Molekülarbau der gegenseitig homoiomorphen Substanzen, welcher die äussere Form bestimmt hat, schliessen darf. Es muss deshalb die Übereinstimmung der Form nicht nur in einer manchmal künstlichen Analogie eines berechneten »Achsenverhältnisses bestehen, sondern genügend charakteristische Eigenthümlichkeiten der ganzen Ausbildung der thatsächlich auftretenden Formen und Combinationen, also des Typus, müssen vorhanden sein. Gewöhnlich ist eine derartige nahe Übereinstimmung in der Krystallform auch von einer entsprechenden Übereinstimmung in physikalischer Beziehung (Spaltbarkeit etc.) begleitet.

Wenn aber eine solche Übereinstimmung vorhanden ist, muss man auch mit vollem Recht von einer Homoiomorphie reden können. Es findet sich z. B. unter den Elementen eine und nur eine hexagonale Gruppe mit so naher Übereinstimmung in Ausbildung und Achsenverhältnissen wie die Gruppe der zweiwerthigen Elemente Be, Mg, Cd und Zn; dieselbe Gruppe zeigt in ihren Oxyden und Sulphiden wieder eine nahe übereinstimmende Ausbildung, nahezu gleiche Achsenverhältnisse, neben einer solchen seltenen, eigenthümlichen Krystallform wie die Hemimorphie nach der Hauptachse im hexagonalen System; es zeigen ferner die Silikate BeSiO₄ und ZnSiO₄ wieder nahezu gleiche Achsenverhältnisse neben so charakteristischer Formenausbildung wie diejenige, die von der Zugehörigkeit zur rhomboedrischen (tetardoedrischen) Klasse des trigonalen Systemes bedingt ist. Bei allen diesen wiederholten auffallenden Analogien der Verbindungen des Be und derjenigen der Metalle der Mg-Gruppe eine Homoiomorphie, eine aus dem gesetzmässigen Bau der

Krystalle herrührende wesentliche »homoiomorphe« Übereinstimmung der Form, zu verneinen, ist selbstverständlich nicht möglich, ohne dass man in den Begriff »Homoiomorphie« etwas ganz anderes hineinsteckt, als das, was thatsächlich hier das wesentliche ist.

Wenn Verbindungen, welche nahe übereinstimmende Molekülarvolume haben, und welche zusammen krystallisiren und isomorphe Mischungen bilden können, - wenn derartige Verbindungen zusammen homoiomorphe Mischkrystalle oder jede derselben aus reinen Lösungen homoiomorphe Krystalle liefern, dann geschieht dies natürlich, weil sie so nahe verwandt sind, dass infolge dessen der Bau ihrer Krystallmoleküle und somit auch der Bau der Krystalle selbst genügend analog wird.

Es ist aber absolut kein Grund dazu zu verneinen, dass auch Substanzen, welche nicht nahezu gleiche Molekülarvolume besitzen, welche nicht in chemischer Beziehung unter gewöhnlichen Bedingungen nahe verwandt scheinen, welche nicht zusammen krystallisiren und aus gemeinsamer Lösung »isomorphe Mischkrystalle« liefern können, — dass auch derartige, chemisch weniger nahe oder nicht übereinstimmende Substanzen trotzdem genügend nahe verwandt sein können, um analog gebaute Krystallmoleküle, und infolge dessen auch eine wesentlich übereinstimmende äussere Krystallbegrenzung zu besitzen; - und in diesem Falle sind sie, ebenso gut wie die oben genannten, näher verwandten Verbindungen, nach meiner Ansicht unzweiselhast homoiomorph.

Dass z. B. der Zirkon und der Rutil nahe homoiomorph sind, ist nach meiner Ansicht unzweifelhaft; sie haben wie bekannt nicht nur nahezu dasselbe Achsenverhältniss, sie haben denselben Typus, die gleiche charakteristische Zwillingsbildung nach {101}, dieselben physikalischen Eigenschaften (Spaltbarkeit nach \110\, optisch positiven Charakter etc. etc.). Es wird deshalb wohl niemand daran zweifeln können, dass diese Übereinstimmung in der äusseren Form als eine wesentliche, auf Übereinstimmung im ganzen inneren Bau der Krystalle beider Mineralien beruhende Formengleichheit aufgefasst werden muss.

Wenn sie dennoch nicht als Mischkrystalle bekannt sind, so bedeutet deshalb dieser Umstand nicht, dass sie nicht homoiomorph sind, sondern nur, dass die Homoiomorphie nicht nothwendig voraussetzt, dass die homoiomorphen Verbindungen auch die Fähigkeit haben müssen, homoiomorphe Mischkrystalle zu bilden; diese Fähigkeit ist eine besondere Eigenschaft eines Theiles der chemisch sehr nahe verwandten homoiomorphen Substanzen, aber nicht eine nothwendige Bedingung für Homoiomorphie überhaupt.

Mit anderen Worten: die Homoiomorphie des Zirkon und des Rutil, des Phenakit und des Willemit etc. ist eine aus den Beobachtungen hervorgehende Thatsache; es wäre eine Spielerei mit Worten dies zu verneinen. Wie dieselbe zu erklären sei, ist eine andere Frage, eine Frage, welche aber, ob sie in der einen oder der anderen Weise beantwortet wird, für die Anerkennung der Thatsache selbst ziemlich gleichgültig sein kann.

Möge man gern zwei Gruppen von homoiomorphen Substanzen, solche die aus gemeinsamer Lösung homoiomorphe Mischkrystalle liefern können (homoiomorphe Krystalle im Sinne von Mitscherlich, Retgers u. a.) und solche, die diese Fähigkeit nicht besitzen (z. Theil von F. Rinne als isotype Substanzen zusammengefasst) unterscheiden; die homoiomorphen Beziehungen der letzteren Gruppe ganz einfach als zufällig und gleichgültig anzusehen, ist aber jedenfalls ganz unberechtigt.

Es haben auch, namentlich in den letzteren Jahren, eine Anzahl bedeutender Forscher die Meinung ganz offen ausgesprochen, dass nahe chemische Verwandtschaft erst in zweiter Linie die Homoiomorphie bedinge, und dass diese in erster Linie eine krystallographische Eigenthümlichkeit sei ¹.

Schon längst ist es bekannt gewesen, dass Substanzen, welche keine nähere chemische Verwandtschaft darbieten, wenn sie dennoch offenbar krystallographisch nahe übereinstimmend sind, häufig nahezu gleiche oder wenig verschiedene Molekülarvolume haben, was schon 1850 von J. D. Da na bemerkt wurde ².

Allgemein bekannt ist in dieser Beziehung die homoio-dimorphe Gruppe der trigonalen und rhombischen Carbonate und Nitrate, wie eine ganze Reihe anderer Beispiele. Ebenso ist es allgemein bekannt, dass derartige homoiomorphe Mineralgruppen ohne nähere chemische Verwandtschaft, aber mit ziemlich nahe übereinstimmenden Molekülarvolumen, sehr häufig eine atomistisch gleichzählige Zusammensetzung zeigen (z. B. II IV IV CaCO₃ und NaNO₃). Dass in derartigen Fällen häufig eine Atomgruppe ein einfaches Atom ersetzen kann, ist ja auch von unzweifelhaft chemisch

¹ Siehe z. B. H. Copaux: "Sur deux cas particuliers d'isomorphisme". Bull. de la soc. franc. d. Min. Tome XXIX, p. 81 (1906): "l'isomorphisme est avant tout une propriété d'ordre cristallographique, où la composition chimique n'intervient qu'en second lieu". Siehe auch Wyrouboff ibid. T. XXVIII, p. 201 (1905), ferner Abhandlungen von Wallerant u. a.

² Amer. journ. of science. 1850, Ser. 2, Vol. 9, p. 220.

nahe verwandten Substanzen bekannt (z. B. (NH₄)Cl und NaCl etc.). Wie bisweilen grössere Gruppen von derartigen, chemisch nicht näher verwandten Verbindungen mit nahe übereinstimmenden Molekülarvolumen offenbar auch ohne atomistisch analoge Zusammensetzung homoiomorph sein können, ist ebenfalls aus einer Reihe von Beispielen bekannt. So ist ein derartiges schönes Beispiel - die Hamlinit-Beudantit-Jarosit-Gruppe — von G. T. Prior beschrieben 1.

Es giebt aber offenbar auch eine Anzahl Beispiele von recht naher Übereinstimmung der Form in Fällen, wo die Molekülarvolume stark verschieden sind; es kann dann z. Th. noch eine gewisse Analogie der chemischen Formel nachgewiesen werden². In anderen Fällen, namentlich bei mehr complicirten Verbindungen, lässt sich auch diese Übereinstimmung nicht mehr nachweisen. Man hat dann, wenn in derartigen Fällen eine geometrische Homoiomorphie deutlich vorhanden ist, ohne Übereinstimmung weder in der chemischen Zusammensetzung noch in den Molekülarvolumen, ohne Ersetzung gewisser Atomgruppen mit anderen damit äquivalenten Gruppen und ohne jede atomistische Analogie der Zusammensetzung - angenommen, dass sonst auch ganz ungleichartige und ungleichwerthige Atomgruppen einander mit gleichem Effect bisweilen ersetzen können, ohne die Form so wesentlich zu ändern, dass der Typus geändert wird, indem in derartigen, in der Regel complicirten Verbindungen der »Masseneffect« 8 der analogen Bestandtheile entscheidend wäre. Wir können hier hinweisen auf den alten Begriff von der Persistenz des Typus bei gewissen Gruppen von Mineralien oder künstlich dargestellten Verbindungen, welcher schon vor vielen Jahren von Prof. Th. Hiortdahl eingeführt wurde 4.

Diese Persistenz des Typus, welche auch in einer Anzahl von Mineralgruppen mit z. Th. sehr complicirter und stark wechselnder Zusammensetzung (man denke nur an die vielen Mischungen mit Pyroxentypus!) verfolgt werden kann, ist selbstverständlich nicht mehr zufällig, als die Übereinstimmung der Form, die wir bei nahe analoger chemischer

¹ G. T. Prior. "Note on a connexion between the molecular volume and chemical composition of some crystallographically similar minerals". The Min. Mag. and Journ. of the Min. Soc. London 1903, Vol. 13, S. 217-223.

² Siehe z. B. oben den Vergleich zwischen Olivin (Mol.-Vol. 90) und Brookit (Mol.-Vol 120):

Olivin Brookit H 11 $(\widetilde{\mathrm{Mg}_2\mathrm{O}})_2$. $[\mathrm{SiO}_3]_2$ $(\widetilde{\mathrm{Ti}}_{2}\widetilde{\mathrm{O}}_{3})_{2}$. $[\mathrm{TiO}_{8}]_{2}$

³ W. F. Hillebrand und S. L. Penfield. Beiträge zur Kenntn. d. Alunit-Jarositgruppe. Zeitsch. f. Kryst. B. 26, S. 545 (1903). Siehe auch G. T. Prior l. c.

Siehe auch meine Bemerkungen. Zeitschr. f. Kryst. B. 16, Vorwort, P. XII-XVI.

Zusammensetzung ganz allgemein als »Isomorphie« oder »Homoiomorphie« bezeichnen.

Sie ist natürlich eine gesetzmässige Folge der »Massenattraction« der Krystallmoleküle, ebenso wie bei den typisch homoiomorphen Substanzen, und muss von einer nahen Übereinstimmung des Baues derselben abhängig sein, — auch dann wenn keine für uns gegen wärtig nachweisbare Analogie der chemischen Zusammensetzung vorhanden ist.

Für die hierher gehörigen Fragen ist nun eben auch die oben näher bearbeitete Mineraliengruppe der Niobate (resp. Tantalate) und Titanate, sowie namentlich die gemischten Titanoniobate von nicht geringem Interesse.

I. Verbindungen $(RO)RO_3$. — Die Rutilreihe.

Dies Interesse knüpft sich in erster Linie an die bekannte Thatsache, dass die im Rutil vorkommende Verbindung, empirisch von der Zusammensetzung TiO₂, mit der Verbindung Fe[NbO₃]₂ im Mossit, und mit der Verbindung Fe[TaO₃]₂ im Tapiolith homoiomorph ist. Es fragt sich dann, wie diese Homoiomorphie zu deuten ist.

Es wäre natürlich möglich, dass die Zusammensetzung des Rutil ganz einfach als TiO_2 zu deuten sei. Oder dass dieselbe, wie von Schrauf, Groth und anderen vorgeschlagen, als eine Verbindung Ti. TiO_4 — also gewissermassen als ein Titanorthotitanat — aufzufassen sei. Oder endlich, dass dieselbe eher als ein Metasalz entweder eine Verbindung (TiO). TiO_3 — ein Titanylmetatitanat, — oder als eine Verbindung Ti. $[TiO_3]_2$ aufzufassen sei.

Die letzte Auffassung ist aber für die tetragonale Reihe ausgeschlossen, weil der Zirkon, mit dem Verhältniss Zr: Si = 1:1, dieselbe Anzahl von ungleichartigen vierwerthigen Atomen im basischen wie im sauren Glied der Zusammensetzung fordert. Es ist demnach die Zusammensetzung (TiO). TiO₃ für den Rutil die am meisten wahrscheinliche, indem dadurch die Homoiomorphie mit dem Mossit Fe. [NbO₃]₂, respektive mit dem Tapiolith (Fe,Mn)[TaO₃]₂ verständlicher wird. Diese Annahme ist auch früher theils von Prof. A. Arzruni¹, namentlich aber von Prof. P. J. Holmquist in seiner interessanten Abhandlung über die Perowskit- und Pyrochlormineralien gemacht². Er nimmt für den Rutil die folgende Konstitution an:

¹ Zeitschr. f. Kryst. B. VIII, S. 336.

² P. J. Holmquist. "Synthetische Studien über Perowskit- und Pyrochlormineralien. Bull. of the gool inst. of the univ. of Upsala. Vol. III (1897), S. 181-268; siehe speciell S. 246.

$$(0 = Ti) \stackrel{O}{\sim} Ti = 0$$

analog mit dem Zirkon:

$$(O = Ti)$$
 $\bigcirc Si = O$

und mit dem Mossit (Tapiolith):

$$O = Nb O Nb = O$$

Man könnte diese letzte Konstitutionsformel auch schreiben:

$$O = Nb - O - Fe - O - Nb = O$$

Diese Formeln sind die kleinsten, welche der empirischen Übereinstimmung mit verwandten Mineralien entsprechen; es soll damit gar nicht ausgesprochen sein, dass dieselben die thatsächliche Grösse des Moleküls angeben 1 . So müsste z. B. das Molekül des Rutil (und der diesem entsprechenden Mineralien (RO). RO $_3$), um der tetragonalen Symmetrie zu entsprechen, wohl wenigstens verdoppelt werden.

Was den Xenotim betrifft, muss derselbe unzweiselhaft als mit dem Rutil geometrisch homoiomorph angesehen werden; der Typus ist der gleiche, das Achsenverhältniss ist auch genügend übereinstimmend, dieselbe Zwillingsbildung kommt bei beiden vor, die Spaltbarkeit (nach | | 110| und der optische (+) Charakter ist derselbe. Nun sind die Elemente P und Nb beide fünfwerthig und bilden analoge Säuren; in einer Reihe von Mineralien ersetzen diese einander (so z. B. in der Melano-

¹ Die Molekülarvolume (V) sind für die Mineralien der Zirkongruppe:

| | Sp. G. | V | Achsenverhältniss |
|--|--------|-----|-------------------|
| Zirkon (ZrO) . SiO ₃ | 4.70 | 39 | 1: 0.6404 |
| Rutil (TiO) . TiO ₈ | 4.22 | 38 | 1: 0.6442 |
| Zinnstein (SnO). SnO ₃ | 7.01 | 4 I | 1: 0.6723 |
| Polianit (MnO). MnO ₈ | 5.0 | 35 | ı : 0.6647 |
| Plattnerit (PbO). PbO ₈ | 8.5 | 55 | 1: 0.6764 |
| Tapiolith (Fe,Mn) . $[(Ta,Mb)O_8]_2$. | 7.50 | 45 | 1: 0.6522 |
| Xenotim (YO). PO ₃ | 4.50 | 41 | 1: 0.6177 |
| Sellait MgoFl.Fla | 3.15 | 41 | ı : 0.6596 |

Die Abweichungen sind, wie man sieht, für den Polianit und den Plattnerit recht gross.

ceritreihe, zu welcher ich auch den Steenstrupin rechne). Es würde deshalb recht auffallend sein, wenn ein mit dem Metaniobat, dem Mossit, Fe[NbO₃]₂, homoiomorphes Phosphat, wie der Xenotim, nicht auch ein Metaphosphat wäre, sondern ein Orthophosphat.

Es dürfte demnach wohl berechtigt sein, den Xenotim als (YO). PO₃ aufzufassen, analog mit Fe[NbO₃]₂, dem Mossit, — sowie auch mit (TiO). TiO₃ dem Rutil.

In dieser Beziehung ist auch ein Vergleich mit dem Monazit von Interesse. Der Monazit, das Ceriumphosphat, zeigt, wie zuerst schon von Prof. Th. Hiortdahl nachgewiesen, nahe morphotropische Relationen zum Xenotim. Wie dieser ist er optisch positiv, und die positive Bissectrix fällt bisweilen nahezu mit der Vertikalachse zusammen, nur einen ganz geringen Winkel mit dieser bildend; gleichzeitig ist auch der Achsenwinkel sehr klein, bisweilen so klein, dass das Achsenbild beinahe optisch einachsig aussieht.

Das Vertikalprisma m, \110\, des Monazit, ist auch nicht sehr verschieden von 90°, nämlich = 86° 34′, und die monokline Flächenvertheilung am Ende der Krystalle erinnert oft an tetragonale Ausbildung, abgesehen von der Achsenschiefe. Monazit verhält sich somit zum Xenotim so zu sagen ungetähr wie die monoklinen zu den rhombischen Pyroxenen, die Ersetzung von Y mit Ce hat eine Morphotropie hervorgerusen. Es ist nun sehr bemerkenswerth, dass der Monazit der pegmatitischen Gänge sehr häufig einen bedeutenden Gehalt an ThO2 und SiO2 enthält. Dieser Gehalt ist (von Penfield und anderen) öfters als eine Verunreinigung mit Thorit gedeutet. Ich will nicht verneinen, dass diese Erklärung vielleicht in einigen Fällen zutreffend sein möchte; selbst habe ich aber eine Anzahl Dünnschliffe von thorhaltigem Monazit auf Thorit untersucht, ohne eine derartige Verunreinigung vorzufinden. Unter der Annahme nun, dass der Monazit aus (CeO). PO₃ besteht — analog mit dem Xenotim (YO). PO3 - würden wir aber in der molekülaren Mischung von (CeO). PO, mit einer homoiomorphen Verbindung (ThO). SiO₃ eine vollkommene Analogie zu der **Mischung** von Fe[NbO₃]₂ mit (TiO). TiO₃ im Ilmenorutil haben.

Es verdient hier auch an die ausserordentlich häufige regelmässige Verwachsung von Xenotim und Zirkon auf pegmatitischen Gängen erinnert zu werden; dieselbe ist so häufig, dass sie auf den norwegischen Pegmatitgängen als geradezu allgemein bezeichnet werden muss.

Daneben findet sich auf einer Anzahl Vorkommnisse auch ein eigenthümliches, gewöhnlich als Alvit, auch als Cyrtolit (Ander-

bergit, Tachyaphaltit etc.) bezeichnetes Mineral von Zirkonform, welches theils Yttererden etc., theils (ZrO). SiO₃ und daneben auch häufig noch (ThO). SiO₃ etc. enthält; da dies Mineral, so viel ich weiss, immer amorph (metamikt umgewandelt) scheint, darf ich vorläufig darüber keine Meinung haben, in wie fern hier ursprünglich nur eine regelmässig orientirte Verwachsung, oder vielleicht eine molekülare homoiomorphe Mischung vorliegt. Der Alvit muss deshalb genauer untersucht werden, ehe diese Frage sicher beantwortet werden kann.

II. Verbindungen $R.RO_{4}$. — Die Anatasreihe.

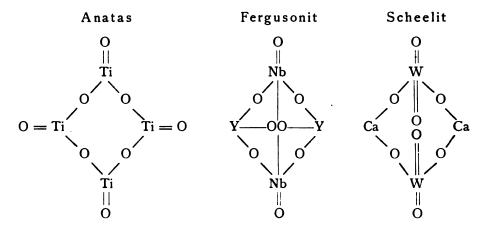
Oben ist es angenommen, dass der Xenotim als (YO). PO3 aufgefasst werden muss. Es wäre um so mehr auffallend, wenn diese Auffassung nicht berechtigt wäre, wenn wir die Verwandtschaftsbeziehungen des Yttriumniobates, des Fergusonit, näher berücksichtigen. Dieser besitzt zwar scheinbar eine mit der empirischen Formel YPO, vollkommen analoge Formel, wesentlich YNbO₄; trotzdem ist der Fergusonit meiner Ansicht nach nicht, wie öfters angenommen, mit dem Xenotim homoiomorph. Es ist nämlich nicht nur das Achsenverhältniss, sondern auch der ganze Typus von denjenigen des Xenotim, des Mossit etc. gänzlich verschieden. Der Fergusonit kann deshalb nicht der typischen Reihe des Rutil-Zirkon-Xenotim-Mossit angehörig sein und dürfte deshalb auch nicht als eine mit dem Xenotim (YO)PO, analoge Verbindung (YO)NbO₃ aufzufassen sein, sondern muss, wie es auch aus den Analysen hervorgeht, (siehe darüber oben S. 37) eine Orthoverbindung sein.

Diese Auffassung wird auch dadurch bestätigt, dass der Fergusonit offenbar zu einer anderen Reihe, einer Reihe von Verbindungen R. RO. oder R₂.[RO₄]₂ gehört, indem er erstens mit dem Scheelit, ferner wahrscheinlich auch mit dem Anatas homoiomorph sein dürste:

```
Fergusonit Y_2[NbO_4]_2 Tetrag. bipyr. 
 a:c=i:1.4643 \ (\infty i):(111)=64^{\circ}13\frac{1}{2}'
Scheelit Ca<sub>2</sub>[WO<sub>4</sub>]<sub>2</sub> Tetrag. bipyr.
                                        a: c = 1: 1.5313 (001): (111) = 65^{\circ} 16\frac{1}{2}
                   Pb_{2}[WO_{4}]_{2} Tetrag. bipyr.

a: c = 1: 1.5667 (\infty 1): (111) = 65^{\circ}42\frac{1}{2}
Stolzit
                    \Pr^{\text{II}}_{\text{Pb}_2[\text{MO}_4]_2} \text{Tetrag. pyr.}
Wulfenit
                                        a: c = i: 1.5771 (\infty i): (111) = 65^{\circ} 46'
                    IV IV Ti<sub>2</sub> [TiO<sub>4</sub>]<sub>2</sub> Ditetrag. bipyr.
Anatas
                                         a:c=1:1.7771(001):(111)=68^{\circ}18'
```

entsprechend den Formeln:



Theils um besser einer tetragonalen Symmetrie zu entsprechen, theils auch aus verschiedenen anderen Gründen, dürften die einfachsten Formeln R.RO₄ wohl wenigstens verdoppelt werden müssen, was für den Anatas auch schon früher von A. Schrauf, G. T. Prior u. a. angenommen ist; der Anatas wäre somit Ti_2 . $[TiO_4]_2$, der Fergusonit $Y_2[NbO_4]_2$ etc. ¹

Der Anatas ist vorzüglich spaltbar nach [111] und weniger gut nach [001]; der Scheelit hat ebenfalls gute Spaltbarkeit nach [111] und weniger gut nach [001], sammt gut nach [101]; auch beim Wulfenit ist die Spaltbarkeit nach [111] »very smooth« (Dana) und weniger gut nach [001]; der Fergusonit ist metamikt umgewandelt und deshalb in der Regel ohne erkennbare Spaltbarkeit, obwohl einige Verfasser Spuren einer Spaltbarkeit nach [111] angeben. Die höhere Symmetrie würde sich bei dem Anatas durch grössere Symmetrie des Moleküls mit gleichwerthigen Atomen Ti (statt der ungleichwerthigen Atome bei den übrigen) erklären; man kennt ja wie bekannt dazu auch aus anderen Typen-Reihen mehrere Analogien.

¹ Siehe auch die Begründung dieser Annahme oben S. 37. Die Molekülarvolume wären demnach:

| | | | | • | эр. G . | v |
|------------|-----------------------|--|--|-----|----------------|--------|
| Anatas | $Ti_{2}[TiO_{4}]_{2}$ | | | | 3.95 | 81 |
| Fergusonit | $Y_{2}[NbO_{4}]_{2}$ | | | ca. | 5.70 | ca. 93 |
| Scheelit | $Ca_2[WO_4]_2$ | | | | 6.10 | 94 |
| Wulfenit | $Pb_2[MO_4]_2$ | | | | 7.00 | 103 |
| Stolzit | $Pb_2[WO_4]_2$ | | | | 8.13 | 112 |

Die Übereinstimmung der Molekülarvolume ist wie man sieht nicht eine sehr nahe, und würde dies um so weniger sein, wenn man auch, mit G. T. Prior den Calomel Hgg Cl₂ (V. = 72) und den Matlockit Pb₂Cl₂O (V. = 70) als homoiomorphe Glieder hinzufügen würde.

Ein zwingender Beweis für die Auffassung des Rutil als (TiO). TiO₈ und des Xenotim als (YO). PO3, sowie auf der anderen Seite für die Auffassung des Anatas als Ti₂[TiO₄]₂ und des Fergusonit als Y₂[NbO₄]₂ lässt sich zwar gegenwärtig nicht führen. Die oben angeführten Verwandtschaftsbeziehungen sprechen aber, wie mir scheint, entschieden für eine derartige Deutung.

III. Die Brookitreihe. Pyroxentypen.

Ganz wie wir bei den Nitraten und Carbonaten eine Anzahl homoiodimorphe Relationen haben (Kalkspath-Natronsalpeter, Aragonit-Kalisalpeter, ja ausserdem noch Barytocalcit Ba. Ca. [CO8]2 und Ag. Na. $[NO_3]_2$), bilden auch die Verbindungen TiO_2 [= Ti. TiO₄ oder $(Ti_2O_8)_2$. [TiO₈]₂ oder (TiO). TiO₈] und Fe. [NbO₈]₂ eine homoio-pleomorphe Gruppe, indem wir ausser den homoiomorphen tetragonalen Verbindungen Rutil und Mossit, auch die homoiomorphen rhombischen Glieder Brookit und Columbit haben (siehe oben S. 71 und 76). Es ist nun hier zu bemerken, dass der Brookit öfters einen Gehalt von FeO 1 (Fe₂O₃?) enthält; dieser Gehalt dürfte vielleicht als eine Verbindung FeTiO₃ gedeutet werden, oder vielleicht eher als die im Pseudobrookit vorhandene Verbindung (siehe unten).

Der Brookit ist homoiomorph mit dem Columbit und mit dem Pseudobrookit:

Nach Dana's Stellung des Columbit:

```
Brookit
                                    Pseudobrookit
                                                         Columbit
      a:b:c=0.84158:i:0.94439\mid 0.87776:i:0.88475\mid 0.82850:i:0.88976
Nach Schrauf's Stellung des Columbit:
```

```
Pscudobrookit
                Brookit
                                                      Columbit
a: b: c = 0.39608: 1: 0.37405 | 0.3798: 1: 0.3393 | 0.40093: 1: 0.35867
```

Uber diese Homoiomorphie siehe näher oben (unter dem Columbit S. 71 u. 76).

Nun ist aber unter den Titanoniobaten eine Reihe Vorkommnisse der Mineralienreihe Euxenit-Polykras bekannt, deren Zusammensetzung am besten gedeutet werden kann als Verbindungen von

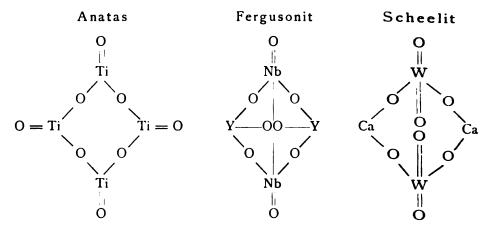
¹ Von dem Brookit existiren, so viel ich finden konnte, nur alte Analysen, aus den 50-er Jahren. Rammelsberg erwähnt nach H. Rose im B. von Snowdon 1.4 pC. Fe₂O₈, nach Hermann in dem von Ural 4.50, nach Romanowsky ebenfalls in dem uralischen B. 3.28 Fe₂O₃.

Metatitanaten mit Metaniobaten; diese Mineralienreihe ist unzweiselhaft homoiomorph mit dem Columbit. Bei dem Euxenit (Polykras) lässt sich die Analyse am einfachsten deuten unter IV der Voraussetzung, dass das Metatitanat eine Verbindung R. [TiO₈]₂ sei, neben einer herrschenden Verbindung R₂. [TiO₈]₈. Wenn nicht die Resultate der Pseudobrookitanalysen vielleicht dagegen sprechen könnten, würde es deshalb nahe gelegen haben auch bei dem Brookit analoge Verbindungen anzunehmen.

Wenn aber die oben versuchte Deutung des Pseudobrookit als III [Fe₂O]₂. [TiO₈]₂. TiO₄ sowie des Brookit als (Ti₂O₈)₂ [TiO₈]₂ sich bestätigen sollte, dürfte es wohl nicht ausgeschlossen sein, dass auch in der Euxenit-Polykras-Reihe die Titanverbindungen in analoger Weise zu deuten wären.

Wir hätten dann nach dem Obenstehenden vielleicht die empirische Zusammensetzung TiO₂ im Anatas, Rutil und im Brookit in der folgenden Weise zu deuten:

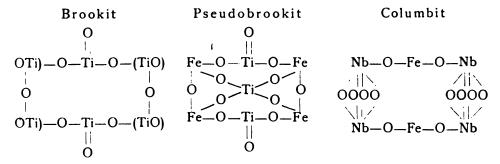
I. Anatas Ti_2 . $[TiO_4]_2$ analog mit Fergusonit Y_2 . $[NbO_4]_2$, II VI $Scheelit <math>Ca_2$. $[WO_4]_2$



2. Rutil $(\widehat{T}iO)$. $\widehat{T}iO_3$ analog mit Mossit $\widehat{F}e\widehat{Nb_2}O_6$,

oder:
$$O = Ti$$
 $Ti = O$
 $O = Nb - O - Fe - O - Nb = O$

3. Brookit $(Ti_2O_3)_2[TiO_3]_2$, analog mit dem Pseudobrookit $[Fe_2O]_2 \cdot [TiO_3]_2 \cdot TiO_4$; und dem Columbit $Fe_2[NbO_3]_4$



Ich muss ausdrücklich hervorheben, dass diese Formeln nicht beabsichtigen, die uns unbekannte wahre Constitution der genannten Mineralien darzustellen, sondern nur ihre gegenseitigen Verwandtschaftsbeziehungen zu veranschaulichen.

Die beiden letzten Reihen können in Verbindung mit Metaniobaten homoiomorphe Glieder liefern, in der tetragonalen Reihe den Ilmenorutil, in der rhombischen Reihe die Euxenit-Polykras-Mineralien.

Prof. P. Groth hat für den Brookit (indem er die Pyramide n als die primäre nimmt) das Achsenverhältniss a: b: c = 0.5941:1:1.222 aufgestellt. Bei Umtauschen der c-Achse und der a-Achse mit einander erinnert dies Achsenverhältniss an dasjenige der Pyroxene:

Enstatit
$$a:b:c = 1.0308:1:0.5885$$

Brookit $-n = 1.1222:1:0.5941$

Es ist ja auch früher der Brookit mit den Pyroxenen zusammengestellt, ebenso wie auch der Columbit. Es ist nun in dieser Beziehung von Interesse daran zu erinnern, dass auch in der Pyroxenreihe, in der Abtheilung der Zirkonpyroxene, Metaverbindungen von Si, Zr und Ti mit Metaniobaten zusammen krystallisirt haben; so enthält der Wöhlerit ca. 13%, der Låvenit ca. 4% Nb₂O₅; beide haben ganz ausgesprochen den Typus der monoklinen Pyroxene¹.

IV. Verbindungen vom Hornblendetypus.

Es ist nun in dieser Verbindung von hohem Interesse, dass ebenso wie wir die Metasilikate der zweiwerthigen Elemente Mg, Ca, Mn, etc. theils mit Pyroxentypus, theils mit Hornblendetypus ausgebildet

¹ Siehe meine Auseinandersetzung. Zeitschr. f. Kryst. B. 16, II, S. 363 etc.

kennen (und zwar von beiden Typen theils rhombische, theils monokline, theils trikline Glieder), so kennen wir auch in der Reihe der Titano-Niobate theils Glieder, welche dem Pyroxentypus sich anschliessen, theils solche, welche sich dem Hornblendetypus der Metasilikate anschliessen. Die Pyroxene der Metatitanoniobate sind durch die Mineralien der Euxenit-Polykras-Reihe repräsentirt¹; die Hornblenden durch die Mineralien der Blomstrandin-Prioritreihe, welche sich zu denjenigen der Euxenit-Polykras-Reihe ganz analog verhalten wie die Hornblenden zu den Pyroxenen (siehe oben S. 116). Auch die Achsenverhältnisse zeigen hier gewisse Analogien.

Anthophyllit
$$(Mg,Fe)_4[SiO_3]_4$$
 a: b: c = 0.5137 : I: ca. 0.3
Elpidit $Na_2 \cdot H_6 \cdot Zr \cdot [SiO_3]_6$ — = 0.51008 : I: 0.32604 2
Blomstrandin $n \cdot R_2[TiO_3]_3$ $R[NbO_3]_3$ — = 0.4746 : I: 0.3376 8

V. Verbindungen RRO3 von regulärem Typus.

Es ist aber nicht nur in der tetragonalen Reihe der Mineralien der Rutil-Tapiolith-Xenotim-Gruppe und in den beiden rhombischen (und monoklinen) Reihen vom Pyroxentypus und vom Hornblendetypus, dass wir gemischte Glieder kennen, bei welchen Metasalze von Ti und von Nb zusammen krystallisirt haben. Wir finden dasselbe auch noch in anderen Reihen. So namentlich in der regulären Reihe, welche einerseits von Salzen, wie der mimetisch reguläre Perowskit CaTiO₃ und der Bixbyit FeMO₃, auf der anderen Seite auch von mimetisch regulären Niobaten, wie das von Holmquist dargestellte NaNbO₃, repräsentirt ist. Zu dieser Reihe gehören nämlich offenbar die Mineralien der Pyrochlorgruppe. Ich kann für diese Reihe auf die oben erwähnte Abhandlung von Prof. P. J. Holmquist hinweisen; es sind

¹ Zum Vergleich ist es von Interesse, die Analogie der Metaniobate mit den entsprechenden Antimoniaten zu constatiren, indem auch diese mit Metatitanat zusammen mit Pyroxentypus bei dem Derbylit repräsentirt sind:

² Der Elpidit spaltet nach einem Hornblendeprisma mit Winkel 54° 3'.

³ Die Länge der c-Achse mit 2 getheilt.

hier für den Perowskit und für den Ca-Pyrochlor folgende Konstitutionsformeln angenommen 1:

Über die Berechtigung dieser Formel wage ich keine Meinung zu äussern.

Von Interesse ist es, dass in dieser Reihe auch gemischte Glieder eingehen, welche mit dem Metatitanat zusammen auch noch Metasalze anderer 5-werthiger Elemente als Nb enthalten; so besteht der Lewisit aus:

$$2 (Ca, Fe) \cdot TiO_3$$

 $3 (Ca, Fe) \cdot [SbO_3]_2$

analog mit z. B. dem Dysanalyt, welcher wesentlich aus

$$6(Ca, Fe, Na_2) \cdot TiO_3$$

 $(Ca, Fe, Na_2) \cdot [NbO_3]_2$

besteht (mit einem Theil der zweiwerthigen Elemente von 2/8 Ce ersetzt, wie auch beim Knoppit etc.).

Ebenso gehören zu dieser Reihe vielleicht die Salze K. JO₃ und Na. BrO₃, ferner Ba[NO₃]₂.

Der Typus der regulären Jodate und Bromate enthält auch Glieder, welche tetragonal sind mit sehr nahe regulärem Achsenverhältniss:

Am
$$.JO_3$$
 . . . a : c = 1 : 1.014
Ag $.BrO_3$. . . a : c = 1 : 0.943

Genau analog hat man auch entsprechend dem regulären Bixbyit FeMnO₃ den tetragonalen Braunit mit nahezu regulärem Achsenverhältniss:

$$(Mn,Ba): (Mn,Si)O_3...a: c = 1:0.9902.$$

Diese Zusammenstellung hat schon P. Groth gemacht. offenbar die Morphotropie hier in der Reihe der Manganate mit Änderung des Achsenverhältnisses von a : b : c = 1 : 1 : 1 beim Bixbyit

¹ Um der regulären Symmetrie zu entsprechen müsste diese Formel wohl verdreifacht werden; entsprechend sind die mimetisch regulären Mineralien dieser Gruppe nach Holmquist z. Th. aus drei einander durchkreuzenden tetragonalen Individuen zusammengesetzt.

zu 1:1:0.9902, beim Braunit bedeutend geringer, als z. B. die Änderung des Achsenverhältnisses (und Krystallsystemes) vom rhombischen (Fe, Mg). SiO₃, dem Hypersthen, zum triklinen MnSiO₃, dem Rhodonit, — beide doch ziemlich allgemein und mit Recht als homoiomorphe Glieder der Pyroxengruppe aufgefasst.

Auch in der Reihe der Carbonate findet sich ein nahezu kubisches tetragonales Glied, der Phosgenit

$$(Pb.Cl)_2.CO_3...a:c = 1.0876.$$

V1. Verbindungen R. RO₃ vom rhomboëdrischen Ilmenit-Typus und vom rhomboëdrischen Kalkspath-Typus.

Noch eine Gruppe von Titanaten etc. ist zu erwähnen, nämlich die Glieder mit rhomboëdrischem Typus, die Gruppe der mit dem Titaneisenerz, dem Ilmenit, FeTiO₃, homoiomorphen Glieder

Ilmenit
$$FeTiO_3$$
... $a:c=1:1.3846$
Pyrophanit $MnTiO_3$... $a:c=1:1.369$
Geikielit $MgTiO_3$... $a:c=1:1.370$

Diese Gruppe ist schon von Λ. Hamberg näher erwähnt ¹. Er machte dabei auch aufmerksam auf die Homoiomorphie mit dem

Katapleït
$$(H,Na)_2SiO_3$$

 $Zr(OII)_2SiO_3$ $a:c=1:1.3605$

welcher wieder vielleicht mit dem aus Schlacken bekannten hexagonalen Kalksilikat CaSiO₃ (?) homoiomorph ist. Ferner machte Hamberg auf die Homoiomorphie mit dem Kaliumbromat (trigonal oder ditrig. pyramidal)

$$KBrO_3$$
 . . . $a:c=1:1.3542$

aufmerksam².

Wie schon längst bekannt, sind mit den oben genannten trigonalen Titanaten auch homoiomorph die Sesquioxyde:

$$Ti_2O_3$$
 oder $TiTO_3$ $a:c=1:1.316$
 Fe_2O_3 " $FeFeO_3$ $a:c=1:1.359$
 Al_2O_3 " $AlAO_3$ $a:c=1:1.364$
 Cr_2O_3 " $CrCrO_3$ $a:c=1:1.368$

¹ A. Hamberg. "Bemerkungen über die Titaneisen-Eisenglanz-Gruppe"; Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. B. 12, S. 604.

² Siehe auch einige Bemerkungen in einer Abhandlung von H. Bäckström "Bidrag till frågan om Långbanitens plats i mineralsystemet; Ibid. B. 13, S. 271.

Im Ilmenit finden sich auch, wie bekannt, eine Reihe verschiedener II IV III III Mischungen von FeTiO₃ mit FeFeO₃.

Im Turmalin von Hamburg etc. fand R. B. Riggs (Amer. journ. of science, Jan. 1888, B. 35, S. 35—51) als Einschlüsse dünne, eisenschwarze, wahrscheinlich rhomboëdrische Schuppen, welche wesentlich aus TiO₂ bestanden. J. S. Diller fasste dieselben als eine vierte Form von TiO₂ auf. Sollten dieselben auch dieser Reihe angehörig gewesen sein und vielleicht als Ti. [TiO₃]₂ gedeutet werden können?

Ferner gehört wohl zu dieser Reihe der Jeremejewit AlBO₃ mit dem Achsenverhältniss a : 2 c = 1 : 1.3672, also gleich dem Korund AlAlO₃; auch die Volekülarvolumen sind für beide gleich, nämlich = 26.

Zu dieser Gruppe gehören ferner noch die Mineralien der Melanocerit-Steenstrupin-Gruppe, bei welchen die Achsenverhältnisse sind:

Melanocerit . . . a : c = I : I 2554; (0001) : (IOII) = 55° 24′ Steenstrupin . . . a : c = I : I.0842 » = 51° 23′

Im Melanocerit und Steenstrupin finden sich auch Mischungen von II IV Gliedern des Typus RRO3 mit solchen des Typus RRO3, nämlich im IV Melanocerit R = Si und C, R = Ta und P; von R-Oxyden sind zwar CaO etc. vorhanden, dieselben sind aber meistens durch Sesquioxyde der seltenen Erden (Ce2O3, La2O3, Y2O3 etc.) ersetzt. Ebenso findet sich im Melanocerit wahrscheinlich eine Verbindung (Y,Ce)2 B2O6, die Verbindungen Ca. (Ta,P)2O6 und Ca2C2O6 ersetzend.

Im Steenstrupin sind ebenfalls Metasalze wie $\rm Na_2.SiO_3$ und Metasalze von Nb und P gemischt; auch hier sind die Ceritoxyde vorherrschend.

In diesen rhomboëdrischen Mineralien ersetzt somit die SiO₂ die Rolle der TiO₂ bei den rhombischen Reihen der Euxenit-Polykras-Mineralien, sowie der Blomstrandin-Priorit-Mineralien.

Im Melanocerit findet sich auch, wie erwähnt, ein Borat, vielleicht $(\widetilde{Y},\widetilde{Ce})_2$. $\widetilde{B_2}O_6$; diese Verbindung spielt eine Hauptrolle in einem wahrscheinlich nahe verwandten Mineral, dem Cappelenit, a:c = 1:1.2903; $(0001):(10\bar{1}1)=56^{\circ}8'$; dies Mineral besteht hauptsächlich aus $(Ba,Ca,Na_2,K_2)_2$. Si_2O_6 , Y_2 . Si_3O_9 und $(Y,La,Di)_2$. B_2O_6 . Wie erwähnt, geht in dieser Reihe das mit YBO_3 vollkommen analoge Borat AlBO3 im

Dies verdient bemerkt zu werden, weil wir auch einen zweiten rhomboëdrischen Typus kennen, den Kalkspath-Typus, mit welchem ebenfalls ein homoiomorphes Borat bekannt ist, der Nordenskiöldin¹:

Kalkspath $\overset{\text{IV VIII}}{\text{Ca}_2\text{C}_2\text{O}_6}$ a ; c = 1 : 0.8543

Nordenskiöldin
$$\overbrace{Ca.Sn}^{VI}.\overbrace{B_2}^{VI}O_6$$
 a: c = 1: 0.8221

Zinkspath $Zn_2C_2O_6$ a : c = 1 : 0.8062 etc.

Da wie bekannt der Natronsalpeter, NaNO₃ a:c = 1:0.8276 mit dem Kalkspath CaCO₃ homoiomorph ist, haben wir auch in der Gruppe des Kalkspath-Typus verschiedene, chemisch nicht analoge oder verwandte Verbindungen RRO₃ (wo das erste R ein-, zwei- oder dreiwerthig, das zweite R fünf-, vier- oder dreiwerthig sein kann) mit entsprechender Krystallform.

Aus der obenstehenden Zusammenstellung erhellt, dass, wie schon längst bekannt, Verbindungen der empirischen Zusammensetzung RRO₃, welche entweder

bedeuten kann, sich auf eine Anzahl verschiedener Typen vertheilen. Diese Typen gehören theils 1) dem regulären Systeme, theils 2) dem tetragonalen Systeme (Reihe des Zirkon-Typus), ferner 3) dem trigonalen System an — hier auf zwei verschiedene Reihen vertheilt (a. Reihe des Ilmenit-Typus und b. Reihe des Kalkspath-Typus); endlich gehören hierzu Verbindungen, die sich auf verschiedene Typen der Systeme mit drei ungleichwerthigen Achsen (dem rhombischen, dem monoklinen und dem triklinen System) vertheilen, nämlich theils 4) auf die Reihe a. des Aragonit-Typus, und die mit dieser nahe verwandten

Der Kalkspath und der Nordenskiöldin haben auch, wie schon von Prior (l. c.) erwähnt, nahezu gleiche Molekülarvolumen, nämlich = 74, resp. 65.

Reihe, b. des Pyroxen-Typus, ferner 5) auf die Reihe des Hornblende-Typus.

Innerhalb der meisten dieser Typen-Reihen finden sich erstens sowihl Verbindungen RRO_3 , als $R.RO_3$ - und $R.RO_3$ -Verbindungen in homoiomorpher Ausbildung.

Ferner finden sich innerhalb der meisten dieser Typen-Reihen auch gemischte Verbindungen.

Was speciell die Frage von der Zusammenkrystallisation von Ver- II IV bindungen R. TiO_3 (oder entsprechend R. SiO_3 etc.) mit Verbindungen II R[NbO $_3$]2 (oder entsprechend R[TaO_3]2 oder R. [SbO $_3$]2 etc.) betrifft, so finden wir diese sowohl in der regulären Reihe (Pyrochlorgruppe; Lewisit etc.), und der tetragonalen Reihe (Ilmenorutil) als in den drei rhombischen Typenreihen (Euxenit-Polykras-Reihe; Derbylit; Blomstrandin-Priorit-Reihe).

Eine Musterung der Analysen der Mineralien der Euxenit-Polykras-Reihe, sowie der Mineralien der Priorit-Blomstrandin-Reihe macht es ganz unzweiselhaft, dass in diesen — wie übrigens auch in anderen — Mineralreihen Verbindungen von H_2TiO_3 und Verbindungen von $HNbO_3$ einander ersetzen. Die bis jetzt vorliegenden Analysen scheinen es aber wahrscheinlich zu machen, dass diese Ersetzung jedenfalls sehr allgemein nicht in beliebigen Proportionen, sondern in bestimmten stöchiometrischen Verhältnissen stattgefunden hat. Die einander entsprechenden und zusammen krystallisirbaren Metatitanate und Metaniobate sind somit zwar unzweiselhaft geometrisch homoiomorph, können aber aus gemeinsamer Lösung nicht immer homoiomorphe Mischkrystalle mit beliebiger Mischung der Componenten liesern.

Wenn man somit diejenigen homoiomorphen Verbindungen, welche homoiomorphe Mischkrystalle bilden und in homoiomorphen Mischungen von beliebiger Zusammensetzung aus gemeinsamer Lösung krystallisiren können, für sich als eine besondere Gruppe (die typischen isomorphen Krystalle im Sinne von Mitscherlich, Retgers etc.) unterscheiden möchte und ferner auf der anderen Seite diejenigen homoiomorphen Krystalle, welche nicht aus gemeinsamer Lösung Mischkrystalle bilden können, welche keine nähere chemische Analogie zeigen und somit nur geometrisch homoiomorph sind als eine zweite Gruppe (die isotypen Krystalle von Rinne etc.) abtrennen wollte, dann liesse sich nun hier zwischen diesen beiden Gruppen von homoiomorphen Krystallen, wie es scheint, eine dritte Gruppe gewissermassen als eine Übergangs-

gruppe einschieben, nämlich homoiomorphe Verbindungen, welche theils für sich in nahe verwandter Form derselben Typenreihe krystallisiren, theils auch noch homoiomorphe Mischkrystalle mit zwar wechselnden, doch nicht beliebigen, sondern festen, stöchiometrischen Verhältnissen der Componenten bilden können. Als ein Beispiel dieser Gruppe scheinen vielleicht die homoiomorphen Metatitanate und Metaniobate dienen zu können.

b.SbO₃ S

.

.

4



gru; für thei doc. der viell kön;



. *





•

.

•

Mikrolith (?); Shepard und Pyrrhit (?); G. Rose.

Auf einer ca. 140 Gramm schweren Stufe von reinem Yttrotantalit von Hattevik, Dillingö bei Moss, fand sich an einer Seite eine dünne Kruste mit einer Anzahl von höchstens ein Paar Mm. grossen Oktaëdern eines tiefbraunen, durchscheinenden schweren Minerals. Ein Kryställchen wurde beseitigt und am Reflexionsgoniometer ein Winkel (111): (111) zu 70° 27′ gemessen.

Für eine Analyse genügte das Material bei weitem nicht; das Vorkommen von Yttrotantalit macht es wahrscheinlich, dass die Oktaëder entweder dem Mikrolith (wesentlich CaTa2O2) oder einem anderen Pyrochlor-ähnlichen Mineral angehörig gewesen sind.

Auf einer kleinen Stufe von Euxenit aus einem Pegmatitgang der Insel Kragerö bei Fredrikstad findet sich eine geringe Anzahl ganz winziger, bis 11/2 mm. grosser Oktaëderchen von hell ledergelber Farbe, auf den Euxenitkrystallen angewachsen.

Die Flächen sind rundlich gekrümmt, doch unzweifelhaft auf ein reguläres Achsenverhältniss zu beziehen. Für eine Analyse fehlte auch hier das Material. Dem Aussehen nach gleichen diese Kryställchen vollkommen dem sogenannten Pyrrhit von Ural, und es dürfte in der That auch ganz wahrscheinlich sein, dass sie die chemische Zusammensetzung dieses Minerals besitzen.

88

Samarskit; H. Rose.

Im Jahre 1882 erwähnte ich¹ die Entdeckung des Samarskit an den granitischen Pegmatitgängen in Smålenene, östlich vom Kristianiafjord. Ich habe denselben später auch von anderen norwegischen Vorkommen erhalten und werde deshalb unten die verschiedenen, bis jetzt bekannten norwegischen Vorkommnisse dieses sonst recht seltenen Minerals näher erwähnen.

Ich entdeckte das Mineral zuerst auf einer Exkursion nach dem Pegmatitgangdistrikt östlich und südöstlich von Moss im Jahre 1879 auf zwei Gängen auf der Insel Dillingö in Vandsjö, ca. 5 Km. östlich von Moss, im Moss Kirchspiel.

I. An dem einen dieser Vorkommen, später Bröggerhullete genannt auf Tolåsen auf Dillingö, kam der Samarskit in grösseren derben Massen, bis zu mehr als 2 Kilogr. schwer vor, theils auch in kleineren, verhältnissmässig gut ausgebildeten Krystallen. Bei näherem Ansehen zeigte es sich, dass auch die scheinbar derben Massen in ein Aggregat von subparallel angeordneten dicktaseligen Krystallen an der Oberstäche ausliesen; in Folge der ausserordentlich spröden Beschaffenheit des Minerals liessen sich diese doch nur schwierig freilegen. Die derben Massen zeigen durchgehends eine ziemlich rein schwarze Farbe, mit settartigem Glasglanz auf den krummen oder slachen Bruchstächen des kleinmuscheligen, splittrigen Bruches. Strich grünlichgrau.

An diesem Vorkommen kamen mit dem Samarskit zusammen in oft inniger Verwachsung grosse (bis faustgrosse) rauhe Tafeln von röthlichbraunem Monazit, beide gewöhnlich aufgewachsen auf grossen grünschwarzen Tafeln von chloritischem Biotit, dessen Flächen als Ansatzflächen für die Krystallisation des Samarskit und des Monazit gedient haben. Bisweilen zeigte sich der Raum zwischen zwei grösseren Biotittafeln fast vollständig gefüllt mit Monazit und Samarskit in inniger Mischung. Beide Mineralien zeigten sich ungefähr gleichzeitig auskrystallisirt, indem sie sich gegenseitig in der Krystallisation gehindert haben, bald der Monazit in den Samarskit hineinsteckend, bald umgekehrt.

¹ Neues Jahrb. f. Min. etc. 1883 l, P. 80 (Briefl. Mitth.).

Von diesem Vorkommen wurden auch die am besten messbaren Krystalle von Samarskit erhalten.

- 2. An dem zweiten Vorkommen auf Dillingö, später »Dobbelthullet« genannt, kam der Samarskit spärlicher und nur in ziemlich vereinzelten kleinen Krystallen vor, auch hier zusammen mit Monazit (in zierlichen kleinen Tafeln, oft Zwillingen nach 100).
- 3. In grösseren, an den Bruchflächen pechschwarzen Krystallen kam der Samarskit, stellenweise in der Gangmasse in nicht geringer Anzahl angehäuft, an dem Feldspathbruch »Aslaktaket« vor, im Walde bei Ånneröd, östlich von Vandsjö im Kirchspiel Våler, hier zusammen mit Columbit in regelmässiger Verwachsung (siehe weiter unten).
- 4. Wahrscheinlich in recht bedeutender Quantität kam der Samarskit ferner vor an einem Pegmatitgang, an welchem ebenfalls ein Feldspathbruch geöffnet war, bei Ödegårdssletten, auch im Kirchspiel Våler, (etwa 1 Km. SO. von dem Vorkommen bei Ånneröd). Ich erhielt von hier im Anfang der 80-er Jahre ziemlich grosse Handstücke von matt pechschwarzem Samarskit, und auch eine Anzahl recht guter Krystalle, wie diejenigen von Aslakhullet bei Ånneröd, häufig in regelmässiger Verwachsung mit Columbit.
- 5. Auch von einem anderen Pegmatitgang an einer nicht näher bekannten Lokalität im westlichen Theil des Kirchspiels Våler erhielt ich gleichzeitig eine Anzahl kleiner Stufen mit Krystallen von Samarskit.

Es sind somit bis jetzt von einem kleinen Gebiet östlich von Moss von nicht weniger als 5 Pegmatitgängen Krystalle von Samarskit bekannt; es dürfte unzweiselhaft sein, dass das Mineral hier in dieser Gegend noch an einer Reihe anderer Vorkommen austritt, und überhaupt für die Pegmatitgänge auf der Strecke zwischen Dillingö und Ånneröd und weiter östlich neben dem Monazit das häusigste und am meisten charakteristische seltene Mineral derselben sein dürste. Dieser Umstand verdient bemerkt zu werden, da der Samarskit bis jetzt gar nicht bekannt ist von den zahlreichen Pegmatitgängen der Granitgrenzzone in den südlicher belegenen Kirchspielen Rygge und Råde, wo z. B. der Columbit ganz allgemein verbreitet ist.

6. Von der Westgrenze des Granitgebietes, welche auf der Inselgruppe Hvaler — ganz wie die Nordgrenze in der Gegend S und SO von Moss — auch von Pegmatitgängen umsäumt ist, habe ich wieder einige wenige, schlecht ausgebildete, aber doch sicher bestimmbare Krystalle von Samarskit erhalten; dieselben wurden 1895 an die Mineraliensammlung der Universität Kristiania zur Bestimmung eingesandt, mit der Angabe, dass sie an einem Feldspathbruch auf Hvaler gefunden seien, aber leider ohne genauere Angabe des Fundortes, der somit nicht näher bekannt ist.

Mit der unbestimmten Lokalitätsangabe »Arendal« finden sich ein Paar grössere derbe Stücke eines schwarzen Minerals, das ich für Samarskit halten möchte; diese Bestimmung ist jedoch unsicher. Ebenso unsicher ist die Bestimmung als Samarskit eines in grösseren derben Massen gefundenen schwarzen Minerals von dem grossen Feldspathbruch des Kalstadganges (oder »Sjåenganges«) in der Nähe von Kragerö. Während somit auf der Küstenstrecke Kragerö-Risör-Tvedestrand-Arendal andere Niobate und Tantalate, namentlich der Euxenit recht häufig verbreitet ist auf den hier auftretenden zahlreichen Pegmatitgängen, scheint der Samarskit hier ein seltenes Mineral zu sein.

7. Ein sicher bestimmtes Vorkommen von Samarskit ist wieder ein Feldspathbruch bei Iveland; in Sætersdalen, einige Meilen NW von Kristiansand; von diesem Vorkommen erhielt ich 1903 durch Herrn H. Jensen in Risör eine kleine Stufe mit schlechten, aber sicher bestimmbaren Krystallen von Samarskit.

Krystalle des Samarskit

wurden von allen oben erwähnten Vorkommen erhalten; die besten sind von Bröggerhullet auf Dillingö, von Ödegårdssletten in Våler und von Aslakhullet bei Ånneröd in Våler. Die Krystalle zeigten von allen Vorkommen ungefähr dieselbe Ausbildung.

In der Regel zeigten sie nur die drei ersten der folgenden beobachteten Formen:

a
$$\infty \overline{P} \infty$$
 | 100|
b $\infty \overline{P} \infty$ | 010|
e $\overline{P} \infty$ | 101|
c oP | 001|
p P | 111|
h $\infty \overline{P} 2$ | 120|
l $\infty \overline{P} 3$ | 130|
x $2 \overline{P} \infty$ | 201|
z $2 \overline{P} 2$ | 121|

Die drei zuletzt erwähnten Formen sind für den Samarskit neu. Die Flächen sind an den meisten Krystallen ziemlich durchgehends recht eben; doch sind sie fast immer von einer dünnen, gewöhnlich bläulich grauen Oxydationskruste überzogen, weshalb die Messungen nur mit

Handgoniometer oder am Reflexionsgoniometer mittels angeklebter Glasblättchen ausgeführt werden konnten.

Die Flächen des in der Regel vorherrschenden Pinakoides 1000 sind vertikal gestreift.

Für die Berechnung des Achsenverhältnisses wurden folgende Messungen zu Grunde gelegt:

$$(100)$$
: $(101) = 47^{\circ}$ (Mittel von 8 verschiedenen Messungen)
 (130) : $(010) = 31^{\circ}$

woraus

$$a:b:c=0.5547:1:0.5173,$$

was mit dem von E. S. Dana 1 für den Samarskit von Mitchel County, N. Carolina abgeleiteten Achsenverhältniss

$$a:b:c=0.5456:1:0.5178$$

gut übereinstimmt, wenn in Betracht gezogen wird, dass die Messungen wesentlich mit Handgoniometer ausgeführt wurden.

| | | | ī | Berechnet | Gemessen |
|--------------------------|---|---|---|-----------|-----------------|
| (100) : (101) | | | ٠ | *47° | ca. *47° |
| | • | | • | • | |
| (101) : (<u>1</u> 01) | • | | • | 86° | » 86 <u>1</u> ° |
| (100): (201) | • | • | | 28° 12′ | • 29° |
| $(201):(\overline{201})$ | | | | 123° 36′ | _ |
| (100) : (010) | | | | 90° | » 90° |
| (130) : (130) | | | | 118° | |
| (130) : (010) | | | | *31° | " *31° |
| (120) : (120) | | | | 95° 56′ | _ |
| (120) : (010) | | | | 42° 2′ | • 41½° |
| (110) : (110) | | | | 58° 2' | _ |
| (110) : (010) | | | | 60° 59′ | |
| (111) : (010) | | | | 69° 16′ | » 68° |
| (111) : (∞1) | | | | 46° 51′ | » 47½° |
| (111) : (111) | | | | 41° 28′ | |
| (111) : (111) | | | | 50° 22′ | |
| (111) : (11ī) | | | | 86° 18′ | |
| (121) : (010) | | | | 52° 53′ | » 51½° |
| (121) : (001) | | | | 54° 20′ | » 56° |
| (121) : (121) | | | | 74° 14′ | _ |
| (121) : (121) | | | | 65° 54′ | |
| (121) : (121) | | | | 71° 21′ | |
| | | | | | |

¹ Amer. journ. of science. 3 Ser. B. XI, S. 201 ff. (1876).

Die an dem amerikanischen Samarskit beobachteten Formen: das Prisma |110| und die Pyramide |231| wurden an den Krystallen der norwegischen Vorkommen nicht beobachtet.

Die Krystalle des norwegischen Samarskit sind, gleich wie die amerikanischen, fast durchgehends entweder taselartig nach |100| an den beiden Seiten mit |010| und am Ende mit |101| als einzige Formen, oder sie sind ausgezogen nach der c-Achse mit denselben Formen. Nur ganz ausnahmsweise treten ausserdem die Formen |201|, |111|, |121| und |001| aus. Nur an einem Krystall sand ich das Prisma |120|, an einem anderen das Prisma |130|. Die beobachteten Combinationen waren somit (siehe Fig. 1, 2, 3, 6 und 7, Tab. V): |100|. |010|. |101|; |100|. |010|. |101| |130|; |100|. |010|. |101|. |120|; |100|. |010|. |101|.

Die Länge der Krystalle ist nach der c-Achse gewöhnlich 2 bis 3 cm., bei ca. ¹/₂ cm. Dicke; doch sind auch grössere Krystalle gefunden.

Chemische Zusammensetzung.

Von den oben genannten norwegischen Vorkommen von Samarskit wurden dasjenige von Ödegårdssletten (I) in Våler Kirchspiel Smålenene, sowie dasjenige von Aslaktaket (II) in Våler von Herrn Professor C. W. Blomstrand analysirt; in beiden Fällen wurden reine Stücke aus dem inneren metamikter Krystalle von Samarskit als Analysenmaterial angewandt.

Nebenbei sind unten zum näheren Vergleich auch einige Analysen von anderen Vorkommen von Samarskit angeführt, nämlich von dem Samarskit von Miask, Ural (III), (neueste Analyse, von K. von Chrustschoff. Verh. d. k. k. min. Ges. zu St. Petersburg, B. 31, S. 412—417) und von dem in Krystallen vorgefundenen Samarskit von Mitchel County, N. Carolina (IV) (neueste Analyse, von Rammelsberg, Zeitschr. der deutsch. geol. Ges. B. 29, S. 817 (1877)).

| | | | | | I | II | III - | · IV |
|--------------------|--|---|-----|-----|-------------|------------|-------|-------------|
| | | Č | d e | egâ | irdssletten | Aslaktaket | Ural | Mitchel Co. |
| $\mathrm{Nb_2O_5}$ | | | | | 38.83 | 46.44 | 32.02 | 41.07 |
| ${ m Ta_2O_5}$ | | | | | 10.70 | 1.81 | 11.18 | 14.36 |
| SiO ₂ . | | | | • | 1.82 | 2.39 | 0.12 | 0.56 |
| SnO_2 . | | | | | 0.57 | 0.15 | 0.79 | 0.16 |
| TiO ₂ . | | | | | _ | | 0.68 | _ |
| ZrO_2 . | | | | | 0.62 | 0.79 | 1.03 | |
| ${\rm GeO_2}$. | | | | | | _ | 0.07 | |

| | I | II | III | IV |
|--------------------------------|-----------------|-------------|--------|----------------|
| | Ödegårdssletten | Aslaktaket | Ural | Mitchel Co. |
| ThO ₂ | 2.51 | 2.59 | 1.73 | - |
| UO ₂ | 9.66 | 10.82 | | 10.90 |
| UO ₈ | 6.78 | 5.38 | 11.23 | ſ |
| WO_3 | - | _ | 1.41 | - |
| Сс ₂ О ₈ |) 0.89 | 1.90 | 0.25 | 2.37 |
| La_2O_8 | } | | 0.37 | } |
| Di ₂ O ₈ | J | | 1.56 | J |
| Y ₂ O ₃ |) 9.07 | 8.33 | 7.83 | 6.10 |
| Er ₂ O ₃ | | ſ | 13.37 | 10.80 |
| Al ₂ O ₈ | о.36 | 0.45 | 0.19 | |
| Fe ₂ O ₈ | - | | 2.13 | J |
| FeO | 4.40 | 4.08 | 11.15 |) 14.61 |
| MnO | о.86 | 0.79 | 0.69 | |
| BeO | о.зо | 0.64 | | - |
| MgO | 0 .13 | 0.19 | 0.41 | |
| ZnO | – | | 0.17 | _ |
| CaO | 4.30 | 3.79 | 0.51 | _ |
| BaO | о.38 | o.38 | _ | |
| Рьо | 0.77 | 0.98 | 0.15 | _ |
| Na ₂ O | 0.76 | 0.62 | 0.28 | _ |
| K ₂ O | o.o8 | 0.08 | 0.21 | - |
| H ₂ O | 6.54 | 7.61 | 1.22 | |
| | 100.33 | 100.21 | 100.75 | 100.93 |

Aus den obenstehenden Prozentzahlen ergeben sich folgende Quotientzahlen:

| I | II |
|---------------------------------------|----------------------|
| Nb ₂ O ₅ 0.1449 | 0.1733 |
| Ta_2O_5 0.0241 \int_0^∞ | 0.1690 0.0040 0.1773 |
| UO ₃ 0.0235 0 | .0235 0.0188 0.0188 |
| SiO_2 o.o3o3 | o. o 398) |
| SnO_2 0.0038 \rangle 0 | .0392 0.0009 0.0471 |
| ZrO ₂ 0.0051 | 0.0064 |
| ThO_2 o.oo89 $\hat{\mathbf{k}}$ | 0.0097 |
| 0.0355 | 0.0444 0.0400 0.0497 |
| $(Ce, La, Di)_2O_3$. 0.0027 | 0.0057 |
| $(Y,Er)_2O_3$ 0.0363 $\}$ 0 | .0425 0.0333 0.0432 |
| Al ₂ O ₈ 0.0035 | 0.0042 |
| FcO 0.0611 | 0.0566 |
| MnO 0.0121 | 0.0115 |
| BeO 0.0120 | 0.0256 |
| MgO 0.0032 | 0.0050 |
| Ca() o.0768 | .1843 0.0677 0.1844 |
| BaO 0.0025 | 0.0025 |
| PbO o.oo35 | 0.0047 |
| K ₂ O o.ooo8 | 0.0008 |
| Na ₂ O 0.0123 | 0.0100 |
| H ₂ O 0.3633 | 0.4228 |

Eine nähere Deutung der Analyse lässt sich gegenwärtig kaum durchführen und selbst einer allgemeineren Deutung stellen sich grosse Schwierigkeiten entgegen. Die Untersuchung von Dünnschliffen der analysirten Vorkommen zeigen folgende Verhältnisse, welche bei jeder Deutung berücksichtigt werden müssen.

Erstens erwies sich der Samarskit der untersuchten Dünnschliffe unter dem Mikroskop keineswegs homogen. Bei weitem die Hauptmasse der Schliffe besteht zwar aus einer fast absolut undurchsichtigen, nur äusserst schwach mit brauner Farbe durchscheinenden, ziemlich homogen aussehenden Substanz; diese selbst ist aber von feinsten Adern, theils doppelbrechender, theils isotroper Substanzen durchsetzt. Die fast undurchsichtige Haupt-Substanz der Schliffe erscheint, so viel eine Entscheidung darüber bei der geringen Durchsichtigkeit überhaupt möglich war, isotrop, also amorph, die durchsichtigen Substanzen des Adernnetzes sind aber offenbar von sehr verschiedener Beschaffenheit. Von sicher bestimmbaren Mineralien der Adern sind zu erwähnen: Spuren von Quarz, Feldspath und Kaliglimmer, mit Ausnahme des ersten Minerals jedoch alle in fast verschwindend geringer Menge. Ausserdem sieht man ein gelbliches, etwas pleochroitisches, stark licht- und doppelbrechendes Mineral mit einer hervortretenden Spaltbarkeit; man möchte bei demselben gern an eines der blättrigen Uranmineralien denken. Dann sind ferner stellenweise körnige, gelb durchsichtige isotrope (amorphe?) Partien an den Adern angehäuft. Endlich sind bräunliche und gelbliche Oxydhydrate (Ceritoxydhydrate?, Eisenoxydhydrat) zwischen den übrigen Zersetzungsprodukten des Samarskit abgesetzt.

Obwohl die schwarzen, fast undurchsichtigen Partien bei weitem ganz vorherrschend sind, so dass die an den Adern abgesetzten Zersetzungsprodukte und Spaltenfüllungen nur einen ganz geringen Antheil in der Zusammensetzung des Minerals ausmachen können, zeigt jedoch schon die amorphe Beschaffenheit der Hauptsubstanz, dass die analysirten Mineralien nicht das ganz unveränderte, ursprüngliche Mineral repräsentiren können.

Es ist demnach, allen Erfahrungen von anderen amorphen, umgewandelten (metamikten) Mineralien ähnlicher Zusammensetzung gemäss, ganz unzweiselhast der Wassergehalt dem Mineral selbst ursprünglich sremd gewesen, und muss deshalb bei der Berechnung der Analyse unberücksichtigt gelassen werden; dass dies berechtigt ist, zeigt schon der Vergleich der analysirten norwegischen Vorkommen mit anderen analysirten Samarskiten, bei welchen der Wassergehalt ganz gering war (z. B. Samarskit von Mitchel Co. N. Carolina, welcher in den Analysen

theils als wasserfrei aufgeführt wird, theils mit 0.66, 0.72 bis 1.12 0/0 H_oO; Samarskit von Ural mit nur 1.22 H_oO etc.) 1.

Ferner darf die SiO₂ aller Wahrscheinlichkeit nach z. Th. auf Verunreinigungen (namentlich mit Quarz) bezogen werden; dies gilt namentlich dem Samarskit von Aslaktaket,

Was die Zusammensetzung übrigens betrifft, darf es wohl als ziemlich unzweifelhaft angesehen werden können, dass die hauptsächliche Zusammensetzung des Minerals aus Paraniobaten (resp. Paratantalaten) der zweiwerthigen Metalle Fe, Ca etc., sowie der dreiwerthigen Metalle Y, Er, Ce etc. besteht.

Was die durch die Analysen gefundenen Gehalte von SnO₂, ZrO₂ betrifft, dürfte es wohl wahrscheinlich sein, dass dieselben (mit einem Theil der SiO₂) als säurebildende Bestandtheile aufgefasst werden müssen (confr. Yttrotantalit).

Dagegen dürften wohl die Gehalte von ThO2 und UO22 umgekehrt als basische Bestandtheile eingehen (confr. Yttrotantalit).

Das UO₃ könnte vielleicht (analog mit dem WO₃ im Yttrotantalit) in einer Verbindung $\overset{\text{(II XII)}}{\text{R U}_2\text{O}_7}^{\text{8}}$ (gewissermassen analog mit $\overset{\text{(IV X)}}{\text{R}_2\text{M}_2\text{O}_7}$) vorhanden sein:

$$\begin{array}{ccc}
O & & & & & & \\
V & & & & & \\
C & & & & & \\
C & & & & & \\
C & & & & & \\
V & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & & \\
C & & \\
C & & \\
C & & \\
C & & \\
C & & \\
C & & \\
C & & \\
C & & \\
C & & \\
C & & \\
C$$

Diese Verbindungen dürften wohl, analog mit z. B. YNbO₄ und Ca WO4, unter sich homoiomorphe oder partiell homoiomorphe Beziehungen zeigen können. Es scheint eine derartige Annahme in der That

¹ Es dürfte unzweifelhaft sein, dass mit der Wasseraufnahme eine Erniedrigung des spec. Gew. stattgefunden hat. So war das spec. Gew. des analysirten Samarskit von Aslaktaket mit 7.71 0 0 H2O nur 4.52, dasjenige des Samarskit von Ödegårdssletten mit 6.54 ⁶|₀ H₃O nur 4.69, während das sp. Gew. des Samarskit von Mitchel Co. nach Rammelsberg 5.839, und des Samarskit von Ural mit 1.22 0 | H2O nach v. Chrustschoff 5.899 war.

² UO₂ und ThO₂ sind mit einander isomorph (Hillebrand, Bull. U. St. Geol. Surv. Washington 1893, 113, S. 41 und Zeitsch. f. anorg. Chemie 1893, B. III, S. 249) und ersetzen einander als isomorph in vielen Verbindungen (z. B. im Thorit).

 $^{^3}$ Verbindungen wie $K_2U_2O_7,\ Na_2U_2O_7$ etc. sind schon längst bekannt.

Es verdient übrigens bemerkt zu werden, dass das Salz Na2UO4 nach L. Mitchel rhombisch ist mit Combination \[\frac{110}{.} \] \[\frac{010}{.} \] \[\frac{010}{.} \] und mit Winkel (110): (110) = 58° 36′, somit sehr nahe entsprechend dem Samarskit, wo dieser Winkel = 58° 2' ist. (Zeitschr. f. Kryst. B. XXI, p. 266).

eine gewisse Wahrscheinlichkeit zu erreichen durch den Vergleich zwischen dem Samarskit und dem assymmetrischen Kaliumbichromat $K_2Cr_2O_7$, welches wohl mit dem angenommenen Biuranat RU_2O_7 homoiomorph sein könnte und mit einer Verbindung $K_2U_2O_7$ aller Wahrscheinlichkeit nach homoiomorph sein müsste. Wird dem Kaliumbichromat eine andere Außstellung als die gewöhnliche gegeben, so dass die a-Achse als c-Achse, die b-Achse als a-Achse und endlich die c-Achse als b-Achse der neuen Außstellung genommen wird, setzt sich das gewöhnliche Achsenverhältniss, mit Beibehalten der Grundform als solche, um in:

Es dürste diese Auffassung der Stellung des UO₃ im Samarskit vielleicht wenig plausibel erscheinen. Wenn man indessen das Urantrioxyd als Uranyloxyd (UO₂)O, als zweiwerthiges basisches Radical (z. B. die zweiwerthigen Elemente Fe, Ca etc. ersetzend) auffassen wollte, erhält man entschieden zu wenig Säurebestandtheile und bei weitem weniger gute Übereinstimmung zwischen den berechneten Zahlen und den Resultaten der Analysen. Für die Analyse des Samarskit von Ural (mit 11.23 UO₃) lässt sich die Berechnung überhaupt kaum auf eine Hauptzusammensetzung von Paraniobaten und Paratantalaten durchführen ohne die Annahme, dass das UO₃ als Säurebestandtheil, die M₂O₅-Oxyde ersetzend, im Mineral vorhanden sei.

Nach der oben vorgeschlagenen Deutung der Zusammensetzung der Samarskite von Ödegårdssletten und von Aslaktaket, sollten dieselben dann vielleicht aus den folgenden Verbindungen bestehen:

| | I. Samarskit | II. Samarskit |
|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| II | Ödegårdssletten | Aslakhullet |
| RO | 0.1726 | 0.1750 |
| M_2O_5 | 0.0863 | 0.0875 |
| $R_2M_2O_7$ | 0.2589 | 0.2625 |
| RO | 0.0117 | 0.0094 |
| UO ₃ | 0.0235 | 0.0188 |
| RU ₂ O ₇ | 0.0352 | 0.0282 |
| (U,Th)O ₂ | 0.0444 | 0.0497 |
| M_2O_5 | 0.0444 | 0.0497 |
| $(U,Th) M_2O_7$. | 0.0888 | 0.0994 |
| R_2O_3 | 0.0255 | 0.0267 |
| M_2O_5 | 0.0383 | 0.0401 |
| $R_4[M_2O_7]_3$ | 0 0638 | 0.0668 |
| R_2O_3 | 0.0170 | 0.0165 |
| $(Si, Sn, Zr)O_2$. | | 0.0330 |
| $R_2(Si, Sn, Zr)_2O_7$ | 0.0510 | 0.0495 |
| Rest o. | .0052 SiO ₂ Rest . | 0.0141 SiO ₂ |
| entsprechend 0.3 | 31 % Quarz entspre | chend 0.85 % Quarz. |

Diese Berechnung stimmt, wie man sieht, mit dem Befund der Dünnschliffe und den Analysen ganz befriedigend überein.

Es wäre nach dieser Deutung der vorliegenden sorgfältigen Analysen Blomstrands der Samarskit der südnorwegischen granitischen Pegmatitgänge der Hauptsache nach ein Paraniobat (resp. Paratantalat) von Uran (und Thorium), Eisen und Calcium sammt Metallen der Yttriumgruppe mit geringer Einmischung eines Silikats und eines Uranats. Mit dieser Zusammensetzung stimmt auch die Zusammensetzung der sicher ursprünglich krystallisirten Samarskite von Miask und Mitchel Co. N. Carolina gut überein.

HAI

Parallele orientirte Verwachsung von Samarskit und Columbit. (Ånnerödit).

Im Jahre 1881 beschrieb ich 1 unter dem Namen Ånnerödit ein muthmasslich neues Mineral von Ånneröd nahe bei Moss in Smålenene; das Mineral kam in ausgezeichneten Krystallen vor, deren Zusammensetzung nach der Analyse Blomstrands derjenigen des Samarskit nahe entsprach, während die Krystallform sich sehr nahe mit derjenigen des Columbit übereinstimmend zeigte. Das Mineral war somit sozusagen ein Samarskit in Columbitform, was allerdings sehr auffällig war, da der Samarskit ein Pyroniobat, der Columbit dagegen ein Metaniobat ist. Ich suchte dies eigenthümliche Verhältniss durch die Annahme zu erklären, dass das Mineral vielleicht als eine Pseudomorphose von Samarskit nach Columbit aufzusasen wäre.

Reichhaltige Einsammlungen aus späteren Jahren haben mir nun das Material geliesert, um zum richtigen Verständniss des "Ånnerödit« zu gelangen. Der Ånnerödit ist nämlich weder ein neues Mineral, noch eine Pseudomorphose, sondern eine gesetzmässige, orientirte Verwachsung von Columbit und Samarskit, wobei die Krystallsorm an kleinen, auf Samarskitkrystallen ausgewachsenen Krystallen von Columbit untersucht wurde, während das ausschliesslich aus Samarskit bestehende Innere der Parallelverwachsungen als Material sür die chemische Analyse verwendet wurde.

Derartige orientirte Parallelverwachsungen von Samarskit und Columbit sind mir jetzt von einer Reihe der oben erwähnten Samarskitvorkommen bekannt; die besten Stufen habe ich von Ödegårdssletten in Våler, sowie von Aslakhullet bei Ånneröd in Våler erhalten.

Diese regelmässige Parallelverwachsung ist, so viel ich bis jetzt beobachtet habe, in der Weise ausgebildet, dass auf den Samarskit-krystallen kleine parallel orientirte Columbitkrystalle angewachsen sind, indem doch häufig die Krystallisation des Samarskit noch eine kurze Weile fortgesetzt hat, auch nachdem das Auskrystallisiren des Columbit schon angefangen hatte. Schliesslich ist nur Columbit abgesetzt.

Die Columbitkryställchen sind in Bezug auf die Samarskitkrystalle in der Weise orientirt, dass die gleich benannten Achsen beider Mineralien einander parallel sind². (Siehe Fig. 9, Tab. V).

¹ Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. B. V, No. 8, P. 354-367.

² Samarskit nach E. S. Dana's Aufstellung, Columbit nach A. Schrauf's Aufstellung.

Die Achsenverhältnisse beider Mineralien sind:

Sama'rskit von Bröggerhullet, Dillingö (E. S. Dana's Stellung)

```
a:b:c=0.5547:i:0.5173
```

Columbit von Änneröd (Messungen von W. C. Br.; A. Schraufs Stellung)

```
a:b:c=0.40369:i:0.36103.
```

Das Verhältniss der Achsen a : c ist deshalb bei beiden Mineralien nicht allzu verschieden, nämlich:

```
Samarskit a:c=1:0.93258
Columbit a: c = 1: 0.89432
```

Dagegen ist das Verhältniss a: b, sowie dasjenige von b: c bei beiden Mineralien bedeutend verschieden; die beiden a-Achsen, (sowie die beiden c-Achsen) beider Mineralien verhalten sich zu einander unge $f\ddot{a}hr = zwischen \frac{4}{3} : 1 \text{ und } \frac{3}{4} : 1.$

Folgende Winkel der auftretenden Formen zeigen dann bei beiden Mineralien, wenn sie mit parallelen Achsen verwachsen sind, eine gewisse Annäherung:

Columbit Samarskit

```
(150): (100) . . . 63^{\circ} 291'
                                               (130): (100) . . . . 59^{\circ}
(120):(100)...48^{\circ}
(201): (100) . . . 29° 12′
                                               (201): (100) . . . 28° 12'
                                               (121):(121) . . . 74^{\circ}14'
(131): (131) . . . . 77° 27'
(131): (\overline{1}31) . . . . 62° 41\frac{1}{3}'
                                               (121):(\overline{1}21) . . . 65^{\circ} 54'
(131):(\overline{13}1) . . 108^{\circ}54'
                                              (121):(121) . . 108^{\circ}40'
```

Wenn man die Pyramide (131) beim Columbit, die Pyramide (121) beim Samarskit als Grundpyramide nehmen würde, würden somit folgende vergleichbare Achsenverhältnisse erhalten werden:

```
Samarskit a':b:c'=1.1094:1:1.0346
Columbit a':b:c'=1.2028:1:1.0760
```

Diese angenäherte Übereinstimmung muss wohl auf einer gewissen Ähnlichkeit im Baue der Krystallmoleküle beider Mineralien beruhen; sonst würde die so häufige, regelmässige und sicher gesetzmässige Orientirung beider Mineralien nicht erklärlich sein. Von einer wirklichen Homoiomorphie ist aber sicher gar nicht die Rede. Ich denke dabei nicht eben an die fehlende chemische Analogie; denn aus einer ganzen Reihe anderer Beispiele geht es mit voller Evidenz hervor, dass eine solche nicht eine nothwendige Bedingung für Homoiomorphie ist (z. B. die rhombischen und trigonalen Nitrate und Carbonate). Sondern ich

10

lege dabei Gewicht auf die Thatsache, dass der Samarskit und der Columbit auch an den Vorkommnissen, wo sie regelmässig in orientirter Verwachsung zusammen auftreten, beide typologisch gänzlich verschieden ausgebildet sind, so dass ihre herrschenden Formen (z. B. die Prismen | 110| und die Pyramiden | 111| beider Mineralien nach ihren ordinären Außstellungen) gar keine einfachen Beziehungen zeigen, und auch in den Verwachsungen immer jedes Mineral für sich ihre eigenthümliche Ausbildung bewahren. Sie sind deshalb nicht homoiomorph, sondern nur gesetzmässig orientirt mit einander verwachsen; sie verhalten sich z. B. wie Kupferkies und Fahlerz, wie Staurolith und Cyanit u. s. w.

Es ist eine sehr auffallende Thatsache, dass mir kein einziges Beispiel des Zusammen-Vorkommens beider Mineralien auf norwegischen Fundorten bekannt ist, wo sie nicht gleichzeitig in orientirter Verwachsung auftreten, und meistens werden sie an den Vorkommnissen, wo sie beide auftreten, ausschliesslich in orientirten Verwachsungen vorgefunden.

In einigen Fällen (namentlich Ödegårdssletten in Våler) waren an grossen Krystallen von Samarskit nur vereinzelte kleine Krystalle von Columbit an den Krystallflächen des Samarskit, namentlich an 1100! aufgewachsen; beide Mineralien waren dann leicht aus einander zu halten. Anders war z. Th. das Verhältniss an dem zuerst beschriebenen Vorkommen des ȁnnerödit« von Aslaktaket bei Ånneröd. Hier waren grosse Krystalle von Samarskit über ihre ganze Oberfläche mit einer dünnen Kruste von orientirten, parallelen Columbitindividuen bedeckt, so dass von der Krystallform des Samarskit nichts oder beinahe nichts zu sehen war. Da nun auch beide Mineralien ahnlich aussehen, mit schwarzer Farbe, und die Grenze der dünnen Columbit-Kruste gegen die reine Samarskitsubstanz oft kaum zu sehen ist, war es zuerst eine nahe liegende Annahme, dass die Krystallmessungen der äusseren Flächenbegrenzung auf die Substanz der ganzen Verwachsung zu beziehen waren, und dass in der That diese eine einheitliche Substanz repräsentirten. Da nun die äussere Krystallkruste von Columbitkryställchen von anhaftender Feldspathsubstanz schwierig zu befreien war, wurde ganz einfach die Oberflächenpartie der Krystallkomplexe weggeschlagen, um ganz homogene, reine Substanz für die Analyse zu schaffen; so kam es, dass für die chemische Untersuchung ganz reine Samarskitsubstanz ohne Mischung von Columbit angewandt wurde, und somit resultirte aus der ganzen Untersuchung die Aufstellung der neuen Mineralspecies »Annerödit«, die jetzt künftig zu streichen ist und nur als ein gutes Beispiel gesetzmässiger Orientirung verschiedener chemisch und krystallographisch ungleichartiger Mineralspecies ein gewisses Interesse besitzt.

Die beiden oben angeführten Samarskitanalysen Blomstrands sind an derartigen, auswendig mit orientirten Columbitkrystallen bedeckten Samarskitkrystallen ausgeführt, von welchen der auswendig angewachsene Columbit sorgfältig entfernt war.

Die Analyse des Samarskit von Aslaktaket bei Ånneröd war eben aus demselben Vorkommen wie der zuerst beschriebene und analysirte ȁnnerödit«.

10

Yttrotantalit; Ekeberg.

Der Yttrotantalit war bis jetzt nur aus Ostschweden bekannt, aus der Umgegend von Stockholm (Ytterby bei Vaxholm) und Falun (Finbo und Broddbo). Im Jahre 1881 gelang es mir dies seltene Mineral an zwei verschiedenen Vorkommen in der Umgegend von Moss, östlich vom Kristianiafjord zu entdecken.

1. Yttrotantalit von Hattevik.

Ich fand den Yttrotantalit hier auf einer Exkursion im Sommer 1881, auf einem kleinen Feldspathbruch, an der Ostseite von Dillingö in Vandsjö, in der Nähe von Hattevik; es wurde auf der Halde eine kleine Anzahl Stufen gefunden, aber schon im folgenden Jahre war das Vorkommen ziemlich ausgebeutet, und in späteren Jahren ist, so viel mir bekannt, nichts mehr an dem Gang gewonnen worden. Das Mineral kam hier in derben, bis zu i Kilogr. schweren Klumpen in Feldspath eingewachsen vor; die ganze rauhe Oberfläche dieser schweren, beinahe halbmetallisch glänzenden, schwarzen Massen zeigte bei näherer Beobachtung unvollkommene Krystallflächen. Bei der Durchmusterung des ganzen Materiales gelang es dann schliesslich auch ein Paar deutlich erkennbare Krystallbruchstücke heraus zu präpariren, welche mit Anlegegoniometer gemessen werden konnten (siehe unten).

Der Yttrotantalit war von seltenen Mineralien nur von Monazit begleitet.

2. Yttrotantalit von Berg(?) in Råde.

Von einem jetzt nicht mehr bekannten Pegmatitgang angeblich vielleicht (?) in der Nähe von Berg (oder von Elvestad?) in Råde erhielt ich 1881 eine einzige Stuse mit schwarzen, stark glänzenden kleinen Klumpen von Yttrotantalit, welcher wieder theilweise mit kleinen Krystallaggregaten von nach oto linealförmig ausgebildeten Columbitkrystallen bedeckt war; auf den letzteren waren wieder die früher von mir beschriebenen schönen Zwillinge von Mossit angewachsen.

¹ W. C. Brögger. "Über den Mossit etc." Vid.-Selsk. Skrifter 1897, I, No. 7; (Kristiania) S. 19.

Auch von diesem Vorkommen gelang es ein Paar erkennbare, obwohl sehr rauh begrenzte Krystallbruchstücke des Yttrotantalit aus der Feldspathmatrix herauszukriegen.

3. Von anderen norwegischen Vorkommen als den beiden oben genannten ist der Yttrotantalit bis jetzt nicht mit voller Sicherheit bekannt. Doch fand ich vor einigen Jahren einen einzigen, äusserst rauh begrenzten Krystall eines schweren (sp. Gew. 5.48), an Bruchflächen braunschwarzen, sehr stark glänzenden Minerals an dem bekannten Pegmatitgange bei Helle östlich von Arendal, welcher dem Yttrotantalit so ähnlich sieht, dass die Annahme berechtigt sein dürfte, dass auch an diesem Vorkommen der Yttrotantalit als grosse Seltenheit auftritt. Der Krystall, dessen Querschnitt beinahe ganz rund ist, war, ehe er beim Auspräpariren aus dem Gestein zerbrach, ungefähr 8 cm. lang, bei einem Querschnitt von ca. 2 cm.

Krystallform des Yttrotantalit.

Der Yttrotantalit von Ytterby bei Stockholm wurde von A. E. Nordenskiöld krystallographisch untersucht 1; die von ihm untersuchten Krystalle waren jedoch wie die norwegischen ganz rauh und unvollkommen ausgebildet und gestatteten somit keine genaueren Messungen. Sie wurden deshalb mittels eines »Oculargoniometers, besestigt an einem Nachet'schen Mikroskop« gemessen.

Was das von Nordenskiöld abgeleitete Achsenverhältniss betrifft, kann dasselbe deshalb natiirlich nur ziemlich ungenau sein. Nach seinen Messungen wäre

$$(010)$$
: (110) = 60° 54'
 (010) : (011) = 41° 26'

Man erhält daraus²

$$a:b:c'=0.5566:1:1.1330$$

Wird Nordenskiölds Form |011| als |021| aufgefasst, erhält man:

$$a:b:c=0.5566::1:0.5665$$

Was das Verhältniss der Achsen a : b betrifft, stimmt dies - und somit die Winkel der Vertikalzone - sehr nahe mit demjenigen des

¹ Öfvers. af Kgl. Sv. Vet. Akad. Handl. 1860; ebenso in Pogg. Ann. B. CXI, S. 278 ff., sammt in Journ. f. prakt. Chemie, B. 81, S. 193.

² Nordenskiöld selbst hat andere gemessene Werthe zu Grunde gelegt und erhält somit das etwas abweichende Achsenverhältniss: a:b:c = 0.54115:1:1.1330.

homoiomorphen Samarskit; für die c-Achse ist jedoch die Übereinstimmung weniger gut. An den Krystallen von Hattevik erhielt ich nun aber für den Winkel (101): (100) mit Anlegegoniometer genau denselben Winkel wie bei dem Samarskit von Valer, nämlich 47°. Da dies Resultat an mehreren Krystallen mit genügender Übereinstimmung erhalten wurde, darf es wohl als sicher angesehen werden können, dass das Achsenverhältniss des Yttrotantalit und dasjenige des Samarskit in der That nahe übereinstimmend sind, so nahe, dass die verhältnissmässig unvollkommenen Messungen, welche bis jetzt für beide Mineralien allein erhalten wurden, nicht erlauben, eine bestimmte Differenz derselben zu fixiren.

Das aus der Messung Nordenskiölds (010) : (110) = 60° 54' und aus meiner Messung (100) : (101) = 47° abgeleitete Achsenverhältniss:

$$a':b':c'=0.5566:1:0.5173$$

soll deshalb keine bestimmte Abweichung, sondern nur die nahe Übereinstimmung des Achsenverhältnisses des Yttrotantalit mit demjenigen des Samarskit ausdrücken.

Die Krystalle von Hattevik sind, wie auch diejenigen von Berg (?), von einer bläulich grauen Oxydationshaut bedeckt und zeigen nur die Formen: \100\{, \010\} und \101\{; von anderen Formen konnte keine einzige sicher bestimmt werden. Die Krystalle stimmen somit mit dem gewöhnlichsten Typus der Samarskitkrystalle von Våler und von Dillingö vollkommen überein (Fig. 1, Tab. V).

Chemische Zusammensetzung.

Sowohl das Vorkommen von Berg (?) als dasjenige von Hattevik wurden gütigst von Prof. C. W. Blomstrand analysirt; sie zeigen beide eine ziemlich nahe übereinstimmende Zusammensetzung. Zum Vergleich ist nebenbei Rammelsberg's Analyse des Yttrotantalit von Ytterby (Min. Chemie, S. 360) angeführt.

| | I. Berg (?) in Råde. | II. Hattevik, Dillingö. | III. Ytterby. | |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------|--|
| Nb ₂ O ₅ | . 20.38 | 17.75 | 12.32 | |
| Ta ₂ O ₅ | . 39-53 | 37.26 | 46.25 | |
| WO ₈ | . 0.66 | 2.02 | 2.36 | |
| SiO ₂ | . 0.96 | 16.0 | _ | |
| TiO ₂ | . 1.67 | 2.63 | - | |
| SnO ₂ | . 1.20 | 2.96 | 1.12 | |
| ZrO ₂ | . 0.57 | 0.46 | - | |

| | Berg (?) n Råde. | ll. Hattevik, Dillingö. | III. Ytterby. | |
|--------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------|--|
| ThO ₂ | 0,67 | 0.81 | - | |
| UO ₂ | 3.85 | 4.48 | 1.61 | |
| Ce ₂ O ₈ | 0.42 | 0.51 | 2.22 | |
| La_O ₈ | 1.71 | 0.41 | ſ | |
| Y ₂ O ₃ | 12.48 | 12.52 | 10.52 | |
| Er ₂ O ₈ | 3.58 | 3.54 | 6.71 | |
| FeO | 7.48 | 7.61 | 3.80 | |
| MnO | 1.85 | 10.1 | - | |
| MgO | 0.15 | 0.15 | _ | |
| BeO | 0.35 | 0.58 | _ | |
| CaO , | 1.28 | 2.42 | 5.73 | |
| PbO | _ | 0.30 | _ | |
| Na ₂ O | 0.57 | 18,0 | _ | |
| K ₂ O | Spur | 01,0 | - | |
| H ₂ O | 0.51 | 1.16 | 6.31 | |
| · | 99.87 | 100.25 | 98.95 | |
| Sp. Gew. | 5.92 | 5.85 | 5-43 | |

Aus den oben angeführten Prozentzahlen der Analysen ergeben sich folgende Quotientzahlen:

| | 1 | 11 | |
|-------------------------------------|--------|-----------------|--------------|
| Nb ₂ O ₅ | 0.0760 | 0.066 | 3 0.1502 |
| Ta ₂ O ₅ | | 0.0830 | 9 0.1502 |
| WO8 | 0,0028 | 0.0028 0.008 | 7 0.0087 |
| SiO ₂ | 0.0160 | 0.010 | 2) |
| TiO ₂ | | 0.032 | 9 0065 |
| SnO ₂ | | 0.0496 | 0.0667 |
| ZrO ₂ | | 0,003 | |
| ThO ₂ | 0.0024 | 0.002 | 9) |
| UO ₂ | | 0.0100 | 5 0.0194 |
| (La,Ca) ₂ O ₃ | 0.0065 | 0.002 | 9 0.0675 |
| (Y, Er) ₂ O ₈ | | 0.064 | 6 \ \ 0.0075 |
| FeO | 0.1039 | 0,105 | 7) |
| MnO | 0,0261 | 0.014 | 2 |
| BeO | 0.0140 | 0,023 | 2 |
| MgO | 0.0037 | 0.003 0.1798 | 7 0.2054 |
| CaO | 0.0229 | 0.1798 | 2 (0.2054 |
| PbO | – | 0.001 | 3 |
| K ₂ O | – | 100,0 | o |
| Na ₂ O | 0.0092 | 0.013 | ı J |
| Н ₂ О | 0.0283 | 0.064 | 4 |
| | | | |

Das Atomgewicht der Yttriummetalle war in der Analyse I nach Blomstrand 103.5 (entspr. 255 für (Y, Er)2O3) in der Analyse II 101 (entspr. 250 für (Y,Er)₂O₃).

156

Betreffs der Deutung der Analyse können folgende Bemerkungen gemacht werden.

Was erstens den Wassergehalt betrifft, so ist derselbe, wie auch beim Samarskit (siehe oben) und wie bei amorphen metamikten Mineralien gewöhnlich, unzweiselhast der Hauptsache nach sekundär; es ergiebt sich dies am deutlichsten aus dem Vergleich mit dem Wassergehalt des Yttrotantalit von Ytterby, — in Rammelsberg's Analyse 6.31 %, aber ausserdem schwankend von 5.3 bis 7.3 %. Der Wassergehalt steht hier, wie bei einer grossen Anzahl anderer Mineralien mit seltenen Erden und Säuren, in Verbindung mit der sür diese Mineralien charakteristischen amorphen, metamikten Molekülarumlagerung 1. Dass eine solche auch bei den Yttrotantaliten von Berg und Hattevik stattgefunden hat, zeigen Dünnschliffe beider Vorkommen.

Der Yttrotantalit von Berg erweist sich im Dünnschliff u. d. M. vollkommen homogen, gleichmässig tief braun gefärbt und nur schwierig durchsichtig. Zwischen gekreuzten Nikols verhält er sich absolut isotrop. Beim Erhitzen (bei Glühen) von Splittern verglimmt er lebhaft und zerspringt unter Funkenspritzen sehr leicht.

Dünnschliffe der erhitzten Splitter zeigen sich nachher absolut undurchsichtig wie Tantalit oder Columbit, und die Splitter selbst mehr metallisch glänzend. Es dürfte demnach höchst wahrscheinlich sein, dass hier beim Yttrotantalit von Berg, ganz wie beim Gadolinit von Ytterby 2 im Momente des Verglimmens eine Reconstruktion der ursprünglichen (rhombischen) Molekülaranordnung stattfindet, und dass die amorphe Substanz selbst nur eine Molekülarumlagerung der ursprünglichen Substanz darstellt, ohne dass, abgesehen von dem hier ganz unbedeutenden Wassergehalt, nennenswerthe Änderungen der ursprünglichen Zusammensetzung stattgefunden haben.

Auch der Yttrotantalit von Hattevik zeigt sich in Dünnschliffen braun durchsichtig, mit etwas hellerer Farbe; diese braune Substanz ist wie beim Yttrotantalit von Berg, vollkommen isotrop, amorph. Sie ist doch etwas weniger homogen, als dies letztere Vorkommen, ist durchsetzt von seineren Adern einer heller gelblich gesärbten Substanz, welche ebenfalls isotrop und amorph ist; dass diese gelbe Substanz offenbar schon eine chemische Veränderung der braunen darstellt, geht aus ihrem Austreten längs seinen Spalten, welche in der Mitte mit fremden Ab-

¹ Confr. W. C. Brogger. Zeitschr. f. Kryst. B. XVI, II, S. 174-180, 110-132, 495 etc. sammt ibid. B. XXV, P. 427.

² Siehe: Walfr. Petersson. "Studier ofver Gadolinit". Geol. Fören. Förhandl. B. 12.

setzungen doppelbrechender Mineralien gefüllt sind, hervor. Diese Verunreinigungen machen doch im Ganzen nur sehr wenig aus. Auch der Yttrotantalit von Hattevik verglimmt etc., wie der von Berg, beim Erhitzen, und wird nach dem Verglimmen undurchsichtig in Dünnschliffen. Es ist demnach wahrscheinlich, dass auch der Yttrotantalit von Hattevik, obwohl etwas weniger homogen und unverändert (der Wassergehalt ist jedoch auch hier nur 1.16 %) als derjenige von Berg, der Hauptsache nach doch nur eine Molekülarumlagerung der ursprünglichen Substanz darstellt. Jedenfalls dürfte aber der Yttrotantalit von Berg für die Deutung der Analysen beider Vorkommen massgebend sein. Dass übrigens der Yttrotantalit von Hattevik theilweise mehr umgewandelt ist, als die analysirte Probe, erhellt daraus, dass das spec. Gewicht in anderen Proben nur 5.46 ausmachte (confr. den Yttrotantalit von Ytterby nach Rammelsberg mit 6.31 %) H₂O bei sp. Gew. 5.43).

Es dürste wohl ziemlich unzweiselhaft sein, dass in der Zusammensetzung beider Vorkommen, wie im Yttrotantalit von Ytterby, hauptsächlich Paratantalate (respective Paraniobate) der zweiwerthigen Metalle Fe, Ca etc., sowie der dreiwerthigen Metalle Y, Er, Ce etc. eingehen.

Zweiselhaster ist die Rolle der geringen Mengen von SnO2, ZrO2, sowie von TiO₂ und SiO₂. Was die SiO₂ betrifft, könnte man vielleicht dazu geneigt sein, dieselbe auf Verunreinigungen zu beziehen; in Betracht der grossen Homogenität des Yttrotantalit von Berg scheint dies jedoch kaum berechtigt und ist jedenfalls nicht nothwendig. Dass TiO, und SiO, beide als Säurebestandtheile aufgefasst werden müssen, ist kaum zweiselhast; dasselbe dürste aber auch den geringen Mengen von SnO₂ und ZrO₂ gelten. Dies geht aus dem Vergleich beider Vorkommen hervor, indem offenbar die geringeren Mengen von M2O5-Verbindungen im Yttrotantalit von Hattevik durch grössere Quantitäten von RO2-Verbindungen ersetzt sind. Wenn wir aber auch SnO₂ und ZrO₂ (sowie TiO₂ und SiO₂) eine säurebildende Rolle zuschreiben, so ist damit die Art der Verbindungen, in welchen sie auftreten, nicht gegeben. Man hat gewöhnlich ohne weiteres gepflegt, Verbindungen R₂SiO₄, RTiO₄ etc. anzunehmen. Dass aber derartige Orthoverbindungen mit den Paraverbindungen der M2O5-Säuren in homoiomorphen Mischungen eingehen sollten, scheint mir doch wenig wahrscheinlich. Eher dürfte dann vielleicht eine homoiomorphe Ersetzung der herrschenden Verbindung

also durch orthodikieselsaure, - orthoditansaure etc. Salze von zwei- oder

dreiwerthigen Elementen annehmbar sein. Eine derartige Annahme ist gegenwärtig selbstverständlich noch ganz hypothetisch, scheint mir aber dennoch bei der Berechnung der Analysen eine Prüfung zu verdienen. (Confr. die Berechnung der Samarskit-Analysen)¹.

Was die geringe Menge der WO_3 betrifft, möchte ich versuchsweise (II XII) annehmen, dass dieselbe vielleicht in einer Verbindung RW_2O_7 , die Hauptverbindung $R_2M_2O_7$ ersetzend, vorhanden sei (confr. die Auffassung des UO_3 im Samarskit).

Nach der oben versuchten Auffassung der Analysen sollte die Zusammensetzung der Yttrotantalite von Berg und von Hattevik vielleicht in folgender Weise gedeutet werden können:

I. Yttrotantalit, II. Yttrotantalit,

| | | | | | Berg. | Hattevik. |
|--|-----------------|----------------|-----|---|--------|-----------|
| II RO | | | | | 0.1784 | 0.1967 |
| M O | | | | | | 0.0983 |
| R ₂ M ₂ O ₇ . | | | | • | 0.2676 | 0.2950 |
| II RO | | | | | 0.0014 | 0.0044 |
| WO ₃ | | | | | 0.0028 | 0.0087 |
| RW ₂ O ₇ . | | | | | 0.0042 | 0.0131 |
| (U,Th)O ₂ . | | | | | 0.0166 | 0.0194 |
| M_2O_5 | | | | • | 0,0166 | 0.0194 |
| $(U,Th)M_2O_7$ | | | | | 0.0332 | 0.0388 |
| III R ₂ O ₃ | | | | | 0.0395 | 0.0217 |
| M_9O_5 | | | | | 0.0592 | 0.0325 |
| R ₄ [M ₂ O ₇] ₈ | | | | | 0.0987 | 0.0542 |
| III R ₂ O ₈ | | | | | 0.0248 | 0.0458 |
| (Si,Ti,Sn,Zr III |)O ₂ | | | • | 0.0196 | 0.0916 |
| R ₂ (Si,Ti,Sn, | Zr) | ₂ O | 7 . | | 0.0741 | 0.1374 |

Die Berechnung fordert 0.0051 SiO₂, Die Berechnung fordert 0.0241 SiO₂, entspr. 0.31 °/₀ SiO₂ mehr als gefunden. entspr. 1.45 °/₀ SiO₂ mehr als gefunden.

¹ Ein Salz der Säure H₆Si₂O₇ ist vielleicht der Lorenzenit Na₂[(Ti, Zr)O]₂Si₂O₇. Das Prisma (110): (110) hat nach G. Flink den Winkel 62° 17', entsprechend dem beobachteten Winkel (130): (130) = 62° am Samarskit. Wird das Prisma \ 110\} des Lorenzenit demnach als \ 130\} aufgefasst, und somit die b-Achse des Lorenzenit als a-Achse genommen und mit 3 getheilt, ferner die a-Achse als b-Achse genommen, setzt sich das Achsenverhältniss des Lorenzenit a: b: c = 0.6042: 1: 0.3592 um in a': b': c' = 0.5484: 1: 0.5779, was nicht allzu verschieden von dem Achsenverhältniss des Samarskit (nach Dana) = 0.5456: 1: 0.5178 ist, und wenigstens für die Vertikalzone nahe übereinstimmt. — Eine Säure H₆Si₂O₇ ist auch von G. Tschermak angenommen (Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl. Bd. CXII, 1 Mai 1906, S. 362).

Die Berechnung der Analyse I stimmt, wie man sieht, recht genau mit den gefundenen Zahlen; bei der Analyse II ist die Übereinstimmung etwas weniger gut, in Betracht der grossen Schwierigkeiten, welche noch derartigen Analysen anhaften, immerhin nicht ganz ungenügend. Es verdient dabei namentlich auch berücksichtigt zu werden, dass die Berechnungen der Analysen der Yttrotantalite und der Samarskite in gleicher Weise durchgeführt wurden, und dabei das Resultat ergeben haben, dass bei den ersteren etwas zu wenig, bei den letzteren etwas zu viel Säure gefunden wurde.

Der Vergleich der Analysen beider Mineralien zeigt evident, dass sie aus isomorphen, analog zusammengesetzten Verbindungen bestehen, und sich wesentlich nur dadurch unterscheiden, dass in dem Yttrotantalit die tantalsauren, im Samarskit die niobsauren Verbindungen vorherrschen. Yttrotantalit ist so zu sagen ein Tantal-Samarskit, der typische Samarskit ein Niob-Samarskit.



•

Erklärung der Tafeln.

Tab. I.

- Fig. 1 & 2. Columbit von Aslaktaket bei Ånneröd, Smålenene; früher als »Ånnerödit« bezeichnet (in meiner Abhandlung über die Pegmatitgänge bei Moss, Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. 1881, B. V, Tab. 13, Fig. 1 & 2).
- Fig. 3. Mossit; Zwilling nach \101\; von Berg (?) oder Elvestad (?) in Råde, Smålenene.
- Fig. 4. Ilmenorutil von Miask (umgezeichnet in anderer Lage nach N. v. Kokscharow's Originalfigur); Zwilling nach 1011.
- Fig. 5. Ilmenorutil; Zwilling nach \101\{; von Black Hills, Dakota; nach W. P. Headden und L. V. Pirsson; entsprechende Zwillinge sind auch aus dem Greifensteiner Granit von M. v. Miklucho-Maclay beschrieben (siehe S. 42).
- Fig. 6. Ilmenorutil von Ausel bei Tvedestrand; Zwilling nach stors; siehe S. 45.
- Fig. 7. Euxenit, desminähnliches, garbenförmig verwachsenes Aggregat von subparallelen dicken Tafeln nach otof; von Svinör, Ö. von Lindesnes.

Tab. II.

- Fig. 1, 2 & 3. Columbit; erster Typus; gewöhnlicher Typus der dicktafeligen Krystalle von den meisten Vorkommen in Smålenene (Råde und Rygge), z. B. Karlshus, Halvorsröd etc.
- Fig. 4. Columbit; kurze, oft beinahe würfelsormige Krystalle von Kure, Smalenene.
- Fig. 5. Columbit; Zwilling nach 2011; Projektion auf 3010. Von Tangen bei Kragerø. 1.
- Fig. 6 & 7. Columbit; pseudohexagonaler Drilling nach 2015; Fig. 6 Projection auf 1010, Fig. 7 Projection auf 1001 des Individuum No. 1. Tangen bei Kragerö. Ca. 7.
- Fig. 8. Columbit; zweiter Haupttypus; z. B. Elvestad, Lorebo, Huggenæskilen etc.
- Fig. 9. Columbit; Zwilling nach 2011; Annerod, Smalenene. 1.
- Fig. 10. Columbit; Zwilling nach 203; Kure in Rygge, Smalenene. 1.
- Fig. 11. Columbit; häufiger Typus der Krystalle von Tangen bei Kragerö (confr. Fig. 5, 6 & 7).

Tab. III.

- Fig. 1. Euxenit; häusigster Typus von Hvaler, Arendal, Sætersdalen, Lister.
- Fig. 2. Euxenit; häufiger Typus der Krystalle von Krageron bei Fredrikstad.
- Fig. 3. Polykras; Rasvag, Hitterö.
- Fig. 4. Columbit; von Aslaktaket bei Ånneröd, Smålenene; Zwilling nach | 150 |; früher als Annerödit bezeichnet (l. c. S. 391).
- Fig. 5 & 6. Polykras; Rasvag, Hittero.
- Fig. 7 a & b. Polykras; Zwilling nach 2011; a. Projektion auf 2011, b. Projektion auf 3010. Rasvag, Hittero. Ca. 32.
- Fig. 8, 9, 10 & 11. Fergusonit (Fig. 9, 10 & 11 nach Figuren von P. Schei reproducirt); siehe S. 31 & 33.

Tab. IV.

Fig. 1, 3 & 5. Blomstrandin; unbekanntes Vorkommen auf Hitterö.

Fig. 2, 4 & 7. Blomstrandin; Urstad auf Hitterö.

Fig. 6. Blomstrandin; Lundekleven, Evje in Sætersdalen.

Tab. V.

Fig. 1, 2, 3, 6 & 7. Samarskit (Fig. 1 ausserdem Yttrotantalit) von Ödegårdssletten, Valer, Smålenene etc.

Fig. 4. Blomstrandin von Urstad, Hitterö.

Fig. 5. Blomstrandin von Frikstad, Iveland, Sætersdalen.

Fig. 8. Blomstrandin in orientirter Verwachsung mit Polykras; von unbekanntem Vorkommen auf der Insel Hitterö (siehe S. 115).

Fig. 9. Samarskit in orientirter Verwachsung mit Columbit; Aslaktaket, Annerod etc.

Tab. VI.

Über sichts karte der Verbreitung der granitischen Pegmatitgänge auf der Strecke zwischen Smälenene und Stavanger Amt. Die wichtigsten Schaarungen von Pegmatitgängen sind mit kurzen, rothen Strichen angegeben.

Tab. VII.

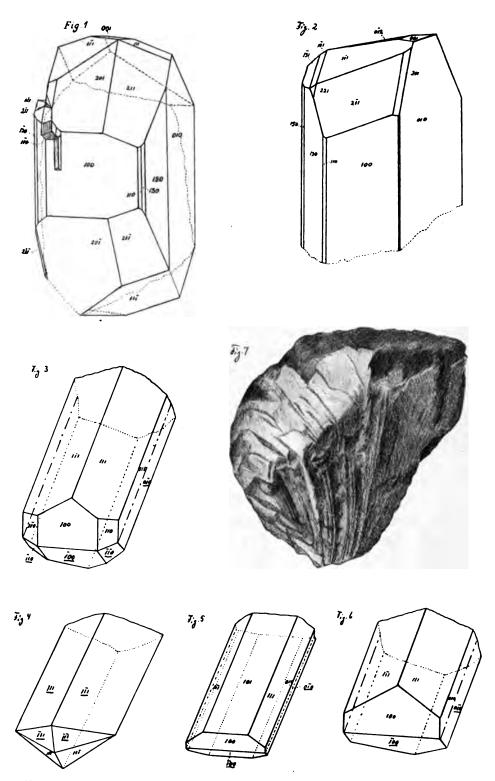
Feldspathbruch am Pegmatitgang von Tangen am Kammerfosselv bei Kragero (Vorkommen des Phenakit, der Columbitdrillinge etc.).

Der mächtige liegende, nach O. schwach geneigte Gang in Amphibolit wird oben von einer Platte von schieferigem Amphibolit bedeckt; links oben ist die Grenze scharf und gut sichtbar, rechts oben am Bilde ist die Grenze zackig und grosse Schollen des Amphibolit sind theils im Pegmatit eingesunken, theils von Apophysen des Pegmatit getrennt worden.

Tab. VIII.

- Fig. 1. Pegmatitgänge bei Bagerovnen am Fossumfjord, Bamle, ca. 10 Kilom. NO von Kragerö; von Teislholmen (Abstand von Bagerovnen ca. 1/2 Kilom.) photographirt. Ungefähr in der Mitte des Bildes sieht man drei ungefähr vertikale, stark verzweigte mächtige Pegmatitgänge, die von der Höhe des Abhanges nach dem User hin sortsetzen. Sie leuchten mit weisser Farbe an dem schwarzen Felsen (Amphibolit) schon in weiter Ferne.
- Fig. 2. Feldspathbruch des grossen Kalstadganges (»Sjäenganges«) W. von Kragerö.

 Der Gang streicht ungefähr W-O, mit steilem Fallen nach N und steht in Amphibolit. Die hohe Wand links am Bilde stellt die nördliche Seite der Gangmasse dar; eine Grubenöffnung ist unterhalb der Wand sichtbar.

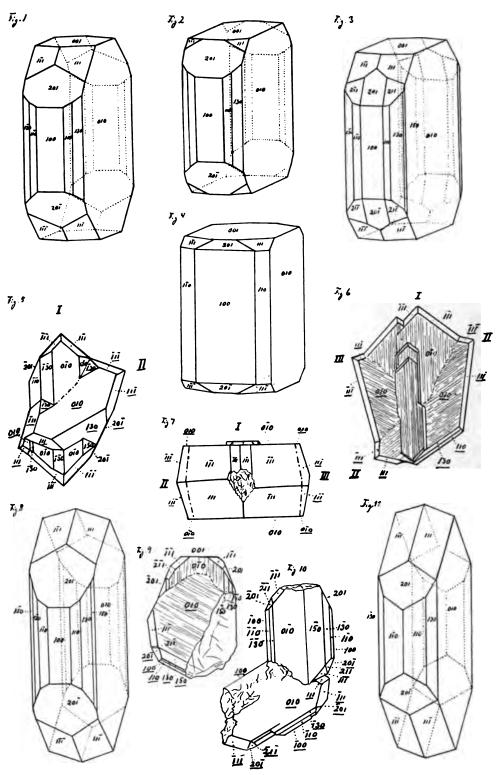


W. C. Br. & Sigfrid Bergh, del. Fig. 1 & 2 Columbit. Fig. 3 Mossit. Fig. 4—6 Ilmenorutil. Fig. 7 Euxenit.



.

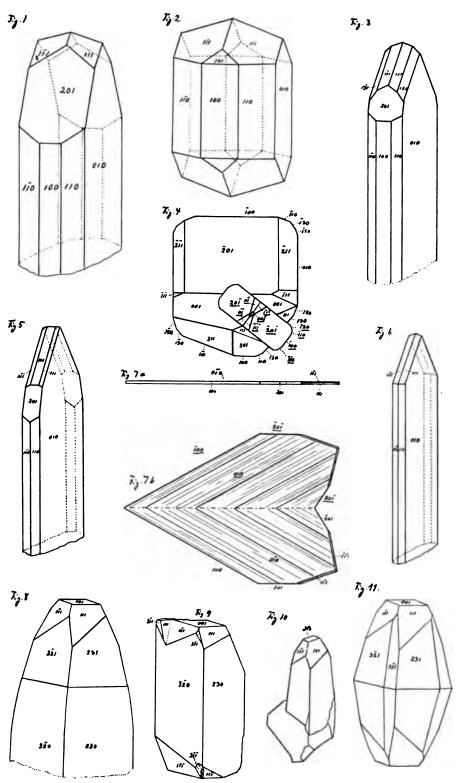
.



W. C. Br. & SIGFRID BERGH, del.

Fig. 1-11 Columbit.





W. C. Br. & Sigfrid Bergh, del. (Fig. 8—11 nach P. Schei). Fig. 1, 2 Euxenit. Fig. 3, 5, 6, 7 a, b Polykras. Fig. 4 Columbit. Fig. 8—11 Fergusonit.



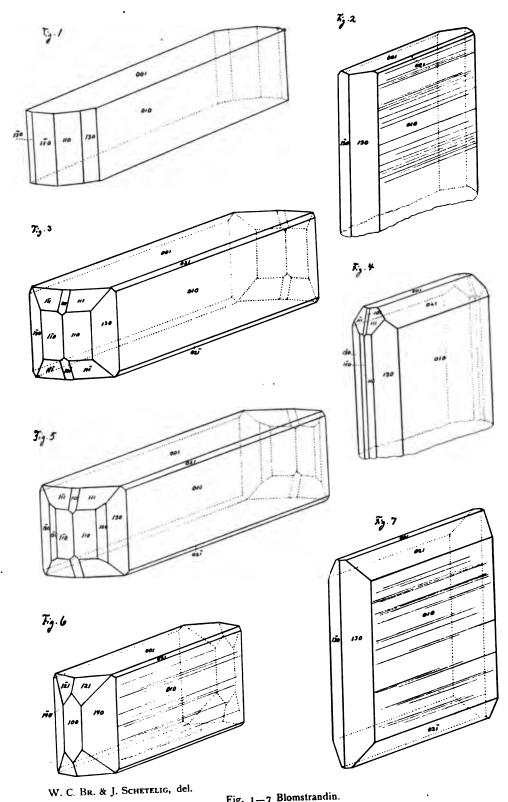
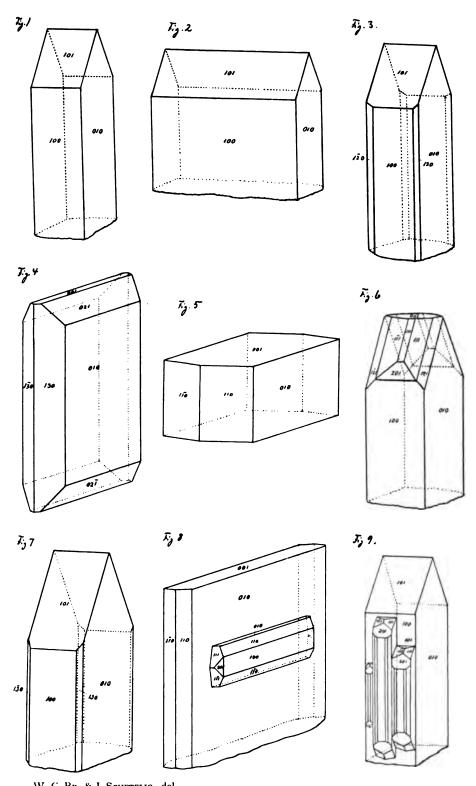


Fig. 1-7 Blomstrandin.



į

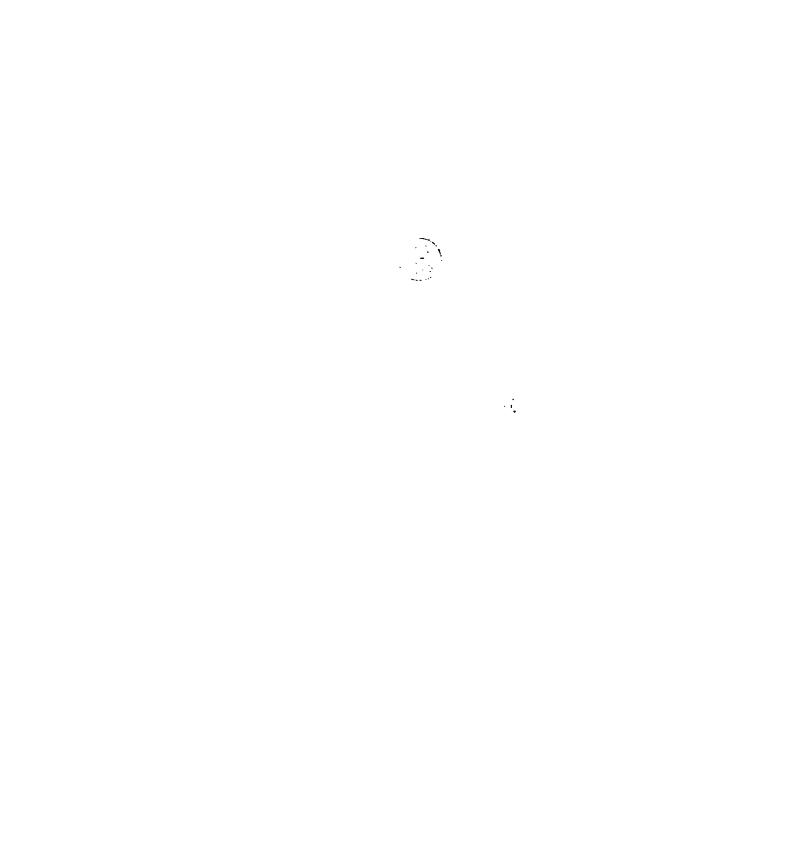


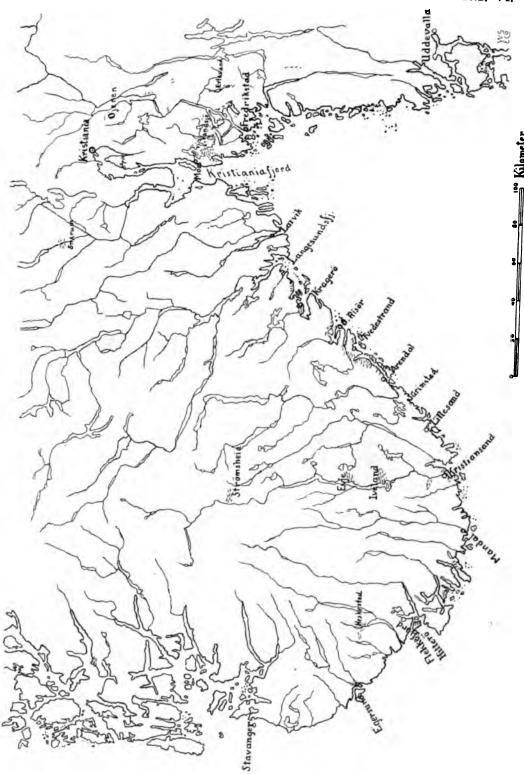
W. C. Br. & J. Schetelig, del.

Fig. 1-3, 6 & 7 Samarskit (& Yttrotantalit Fig. 1). Fig. 4 & 5 Blomstrandin.

Fig. 8 Blomstrandin in orientirter Verwachsung mit Polykras.

Fig. 9 Samarkit in orientirter Verwachsung mit Columbix.







.

.



Pegmatitgang von Tangen am Kammerfosselv bei Kragerö.





Fig. 1. Pegmatitgänge bei Bagerovnen am Fossumfjord, Bamle.



Fig. 2. Feldspathbruch des grossen Kalstadganges, W. v. Kragerö.



UEBER UNENDLICHE

ZEICHENREIHEN.

VON

AXEL THUE.

(VIDENSKABS-SELSKABETS SKRIFTER. MATH.-NATURV. KLASSE 1906. No. 7.)

UDGIVET FOR FRIDTJOF NANSENS FOND.

KRISTIANIA.

4N COMMISSION BEI JACOB DYBWAD.

A. W. BROGGERS BUCHDRUCKEREL

Fremlagt i Mode den 20. April 1906.

Ueber unendliche Zeichenreihen.

Von

Axel Thue.

Es sei P eine willkürlich gegebene endliche Zeichenreihe, in welcher jedes Zeichen eines von den Zeichen

$$p_1, p_2, p_3, \ldots, p_m$$
 ist

Es sei ferner Q auch eine willkürlich gegebene, aber unendliche Zeichenreihe, worin jedes Zeichen eines von den Zeichen

$$q_1, q_2, q_3, \ldots, q_n$$
 ist.

Man könnte dann von vornherein glauben, dass man bei willkürlicher Wahl von P und Q immer imstande wäre, jedes in P vorkommende Zeichen p durch eine solche endliche Reihe von Zeichen q zu ersetzen, dasz jene endliche Reihe R, wozu P auf diese Weise übergeht, in Q immer vorkommen müsse.

Wir werden in den nachsolgenden Zeilen durch Entwickelung eines Satzes, welcher die Lösung einer Hauptfrage einer ausgedehnten Klasse von Problemen bildet, die Unhaltbarkeit dieser Vermutung darthun.

Im Folgenden verstehen wir der Kürze halber unter einer irreductiblen Zeichenreihe jede Reihe, die nicht zwei gleiche Zeichen oder zwei gleiche Zeichenreihen unmittelbar nebeneinander besitzt.

Im entgegengesetzten Falle sagen wir, dasz die Reihe reductibel ist.

§ 1.

Satz 1. Aus vier verschiedenen Arten Zeichen z. B. aus den Buchstaben a, b, c und d kann man eine irreductible Reihe mit beliebig vielen Zeichen bilden.

Um dies zu beweisen wollen wir zeigen, dass man aus einer beliebigen irreductiblen Reihe mit viererlei Buchstaben und k Gliedern immer eine neue irreductible Reihe mit viererlei Buchstaben und mit mehr als k Gliedern bilden kann.

Es sei nun P irgend eine aus dreierlei Buchstaben — z. B. a, b und c — zusammengesetzte Reihe mit mehr als vier Gliedern und so beschaffen, dasz die reductible Reihe PP keine reductible Unterreihe besitzt.

Durch Einschaltung eines d zwischen zwei andere Buchstaben in jeder von vier Reihen P an beziehungsweise vier verschiedenen Stellen erhalten wir vier verschiedene Reihen A, B, C und D, die so beschaffen sind, dass jede dieser Reihen erstens nur ein einziges d enthält und zweitens zu der Reihe P übergeht bei Entfernung des erwähnten d.

Wählen wir z. B.

$$P = abacbc$$

so können wir setzen:

$$A = adbacbc,$$
 $B = abdacbc,$
 $C = abadcbc,$ $D = abacdbc,$

Haben wir nun in den Buchstaben a, b, c und d eine irreductible Reihe R, die also keine Unterreihe von der Form GG besitzt, und ersetzen wir jeden der Buchstaben a, b, c und d in R beziehungsweise durch die Reihen A, B, C und D, dann wird die auf diese Weise von R erhaltene neue und längere Reihe U in den Buchstaben a, b, c und d auch irreductibel sein.

Um diese Behauptung zu beweisen, wollen wir zuerst zwei Hülfssätze aufstellen.

Hülfssatz 1. Eine Zeichenreihe W, die zwei gleiche Reihen A und B mit einer gemeinsamen Partie C enthält, musz reductibel sein.

Bedeutet nämlich α die Partie von A, die ausserhalb B fällt und β die Partie von B, die ausserhalb A fällt, und liegt z. B. α in W auf der linken Seite von β , so wird ja $\alpha C\beta$ eine solche Unterreihe von W sein, dasz:

$$A = \alpha C, \quad B = C\beta$$
$$\alpha C\beta = \alpha B = \alpha A = [\alpha \alpha] C$$
$$\alpha C\beta = A\beta = B\beta = C[\beta \beta]$$

Hülfssatz 2. Es sei P eine solche Reihe von mehrerlei Zeichen, dasz die Reihe PP keine Unterreihe von derselben Form besitzt.

Enthält dann die Reihe

$$PPPP \dots P$$

von beliebig vielen Reihen P eine Unterreihe AB, worin A und B einander gleich sind, dann musz z. B. das am weitesten nach links stehende

Zeichen von A in seinem zugehörigen P dieselbe Stelle haben wie das am weitesten nach links stehende Zeichen von B in seinem zugehörigen P.

In der Reihe (1) musz ja eine mit B und A gleiche Reihe C existieren, deren am weitesten nach links stehenden Zeichen dasselbe P angehört wie das entsprechende Zeichen von A, während das erwähnte Zeichen von C dieselbe Stelle in dieser Reihe P hat, als das am weitesten nach links stehende Zeichen von B in seinem zugehörigen P.

Weder A noch B und also auch nicht C kann eine Unterreihe eines einzelnen P sein.

AB würde nämlich dann im entgegengesetzten Falle eine Unterreihe von einer Reihe PP sein, was aber wider unsere Voraussetzung streitet.

A und C müssen also eine gemeinsame Partie E enthalten.

Wären folglich die einander gleichen Reihen A und C nicht identisch und bezeichnete α z. B. die auf der linken Seite von E und ganz ausserhalb E liegende Partie von beziehungsweise A oder C, dann müszte α in der Reihe P enthalten sein.

Die Reihe PP enthielte also nach Hülfssatz I in diesem Falle die Reihe $\alpha\alpha$, was unmöglich ist.

Da die Reihen A und C folglich dieselbe Reihe bezeichnen müssen, so ist hiermit der Hülfssatz 2 bewiesen 1.

Wir kehren nun zu unseren Reihen R und U zurück.

Wenn die Reihe U reductibel wäre, so enthielte sie eine Unterreihe M_1M_2 , worin M_1 und M_2 einander gleich wären.

Das n'^{to} d in M_1 — z. B. von links ab gerechnet — hat für jedes n denselben Platz in M_1 wie das n'^{to} d in M_2 in Bezug auf M_2 . Zwischen dem n'^{ten} und $n+1'^{\text{ten}}$ d in M_1 liegt dieselbe Reihe in den Buchstaben a, b und c, wie zwischen dem n'^{ten} und $n+1'^{\text{ten}}$ d in M_2 .

Auf der linken Seite des ersten d in M_1 liegt in M_1 dieselbe Reihe als in M_2 auf der linken Seite von dem ersten d in dieser Reihe u. s. w.

Entfernt man nun aus der Reihe U jedes d, so geht sie in eine neue Reihe T über, die nur aus Reihen P gebildet ist. Gleichzeitig gehen die Reihen M_1M_2 , M_1 und M_2 in die neuen Reihen N_1N_2 , N_1 und N_2 über, wo die aus Buchstaben a, b und c zusammengesetzten Reihen N_1 und N_2 einander gleich sein müssen.

¹ Dieser Satz und sein obenstehender Beweis gelten natürlicher Weise auch für je zwei beliebige einander gleiche und nicht unmittelbar aufeinander folgende Reihen A und B in (1), wenn blosz A und B zusammen nicht weniger Zeichen als P enthalten.

 M_1 und also auch M_2 musz wenigstens ein d enthalten.

Enthielte nämlich M_1M_2 kein einziges d, so wäre M_1M_2 mit der Reihe N_1N_2 identisch und wäre in einer Reihe von zwei der Reihen A, B, C und D enthalten.

Die zugeordnete Reihe PP besäsze dann eine Unterreihe N_1N_2 von derselben Form, was gegen die Voraussetzung streitet.

Ferner müssen M_1 und M_2 wenigstens einen der Buchstaben a, b oder c enthalten.

Zu jedem Buchstaben d in M_1M_2 gehört eine einzige von den Reihen A, B, C oder D. Ferner gehören zwei auseinander folgende Buchstaben d in M_1M_2 zu zwei auseinander folgenden Reihen A, B, C oder D in U.

Nach dem Hülfssatze 2 hat der am weitesten nach links stehende Buchstabe von N_1 denselben Platz in seinem zugehörigen P als der am weitesten nach links stehende Buchstabe von N_2 in der zu diesem Buchstaben gehörigen Reihe P von der Reihe T.

Vermöge dieses Umstandes hat der n'^{te} Buchstabe d von M_1 für jede Zahl n dieselbe Stelle in seinem zugehörigen P als der n'^{te} Buchstabe d von M_2 in der zu diesem Buchstaben gehörigen Reihe P von der Reihe T.

Jeder Buchstabe d von M_1 und der diesem d entsprechende Buchstabe d von M_2 gehören also zu zwei gleichen Reihen von den Reihen A, B, C und D in U.

Die den Buchstaben d in der Reihe M_1M_2 von U entsprechenden Reihen A, B, C und D von der Reihe U oder die dieser Reihe zugeordneten Buchstaben a, b, c und d von der Reihe R müszten folglich gegen unsere Voraussetzung eine Reihe von der Form GG bilden.

Die Reihe U musz somit irreductibel sein, gleichwie das entgegengesetzte mit sich führen würde, dasz R auch reductibel sein müszte.

Das obenstehende Raisonnement behält seine Gültigkeit, selbst wenn die Reihe P nicht mehr als vier Zeichen enthielte.

Wir könnten dann setzen:

$$P = abcb$$
 $A = adbcb, \quad B = abdcb$
 $C = abcdb, \quad D = abcbd$
(2)

Der Satz (1) läszt sich auch folgendermaszen und allgemeiner beweisen.

Man kann sehr leicht, wie es ja oben gezeigt ist, auf mancherlei Weise vier solche verschiedene Buchstabenreihen A, B, C und D bilden, dasz sie die folgenden Forderungen zufriedenstellen.

- 1) Jeder Buchstabe von jeder dieser Reihen soll entweder ein a, ein b, ein c oder ein d sein.
 - 2) Bedeutet

$$T = G_1 G_2 \ldots G_n$$

eine ganz beliebige Reihe von Reihen G, wo jede Reihe G gleich einer der Reihen A, B, C oder D ist, und bedeutet H eine aus Buchstaben a, b, c und d gebildete und in T enthaltene Reihe, die gleich einer der Reihen A, B, C oder D ist, dann soll H bei willkürlicher Wahl von T immer mit einer der genannten Reihen G von T identisch sein.

- 3) Enthielte die genannte Reihe T eine Reihe SS, dann sollte diese Reihe SS wenigstens zwei auseinander folgende von den Reihen G enthalten.
- 4) Bedeutet α und ebenfalls β einen solchen Buchstaben oder eine solche Reihe, dasz $\alpha\beta$ einer der Reihen A, B, C oder D gleich wird, dann soll entweder α oder β für die genannte von den vier Reihen charakteristisch sein.

Sind mit anderen Worten γ und δ solche Buchstaben oder Reihen, dasz jede der Reihen $\alpha\gamma$ und $\delta\beta$ gleich einer der Reihen A, B, C oder D wird, dann soll entweder γ gleich β oder δ gleich α sein.

Setzen wir definitionsmäszig z. B.

$$A = M_1 dN_1, \qquad B = M_2 dN_2$$
$$C = M_3 dN_3, \qquad D = M_4 dN_4$$

wo jedes M und jedes N eine beliebige Reihe von Buchstaben a, b und c bedeutet, dann werden diese Reihen A, B, C und D die Forderung (4) erfüllen, wenn blosz alle Reihen M und gleichfalls alle Reihen N verschieden sind.

Zerteilt man nämlich eine beliebige von den vier Reihen in zwei Teile α und β , so wird jener Teil, der den Buchstaben d enthält, für die genannte Reihe charakteristisch sein.

Oben hatten wir

$$M_1N_1 = M_2N_2 = M_3N_3 = M_4N_4 = P$$

Es sei nun

$$U(x, y, z, u) = r_1 r_2 \dots r_n$$

eine ganz beliebige irreductible Zeichenreihe, worin jedes Zeichen r_p entweder ein x, ein y, ein z oder ein u bedeutet.

Bedeutet dann

$$U(A, B, C, D) = R_1 R_2 \dots R_n$$

eine solche Reihe, dasz R_p — für jede Zahl p — eine Reihe A, B, C oder D bezeichnet, je nachdem r_p beziehungsweise ein x, ein y, ein z oder ein u ist, so wird die in den Reihen A, B, C und D irreductible Reihe U(A, B, C, D) auch in den Buchstaben a, b, c und d irreductibel sein

Enthielte nämlich die Reihe U(A, B, C, D) eine Unterreihe SS, so fänden sich nach der dritten Voraussetzung in dieser Reihe SS wenigstens zwei von den Reihen R.

Die eine Reihe S und nach der Forderung (2) also auch die andere Reihe S enthält folglich wenigstens eine der Reihen R.

Wir können demnach setzen:

$$SS = [tR_pR_{p+1}....R_{p+q}\alpha][\beta Q_0Q_1...Q_qs]$$

wo $R_p R_{p+1} \dots R_{p+q}$ alle in der ersten Reihe S vorkommenden ganzen Reihen R bedeuten, während man für jede Zahl h hat

$$Q_h = R_{p+h}$$
.

Nach der Forderung (2) bedeuten somit $Q_0Q_1...Q_q$ der Reihe nach alle in der zweiten Reihe S vorkommenden Reihen R.

 $\alpha\beta$ enthält mithin entweder keinen einzigen Buchstaben oder $\alpha\beta$ musz mit R_{p+q+1} identisch sein.

Ferner müssen dann auch

$$s = \alpha$$
 und $t = \beta$ sein,

und wir bekommen die beiden Möglichkeiten:

$$SS = [R_p R_{p+1} \dots R_{p+q}] [Q_o Q_1 \dots Q_q]$$

$$SS = [\beta R_p R_{p+1} \dots R_{p+q} \alpha] [\beta Q_o Q_1 \dots Q_q \alpha],$$
wo
$$\alpha \beta = R_{p+q+1}.$$

Nach der zweiten Möglichkeit enthielte also die Reihe

wegen der Forderung (4) entweder die Reihe

$$[(\alpha\beta)R_pR_{p+1}\ldots R_{p+q}][(\alpha\beta)Q_oQ_1\ldots Q_q]$$

oder die Reihe

$$[R_p R_{p+1} \ldots R_{p+q}(\alpha \beta)] [Q_o Q_1 \ldots Q_q(\alpha \beta)].$$

Eine der drei Gleichungen

$$r_p r_{p+1} \dots r_{p+q} = r_{p+q+1} r_{p+q+2} \dots r_{p+2q+1}$$
 $r_{p-1} r_p \dots r_{p+q} = r_{p+q+1} r_{p+q+2} \dots r_{p+2q+2}$
 $r_p r_{p+1} \dots r_{p+q} r_{p+q+1} = r_{p+q+2} r_{p+q+3} \dots r_{p+2q+3}$

müszte also richtig sein, was aber unmöglich ist.

Aus dem obenstehenden Beweis des Satzes (1), aber kaum aus dem Satze selbst läszt sich Folgendes herleiten:

Satz 2. Es existiert jedenfalls eine unendliche irreductible Reihe von vier verschiedenen Arten von Zeichen, d. h. Man kann eine unbegrenzte Reihe $R_1R_2R_3....R_n....$ von solchen Reihen R aus vier verschiedenen Arten von Zeichen bilden, dasz R_{n+1} immer die Form R_nS_n hat, so dasz R_{n+1} für jede Zahl n immer mit der Reihe R_n anfängt, während je zwei einander gleiche Reihen von R_n durch wenigstens einen Buchstaben getrennt sind.

Fängt nämlich die Reihe A unter den oben eingeführten Reihen A, B, C und D mit dem Buchstaben a an, so wird — wie man gleich sieht — eine unendliche Reihe W von Reihen A, B, C und D die im Satze (2) erwähnten Eigenschaften besitzen, wenn blosz die Reihe W so construiert ist, dasz die p'^{te} von ihren Reihen A, B, C oder D von links ab gerechnet für jede Zahl p als eine Reihe A oder B oder C oder D gewählt ist, je nachdem der p'^{te} Buchstabe von W von links ab gerechnet beziehungsweise ein a oder ein b oder ein c oder ein d ist.

Setzt man

$$R_1 = A \quad \text{und}$$

$$R_{n+1} = R_n \cdot S_n,$$

dann können wir — für jede Zahl n — die Reihe S_n gleich einer der Reihen A, B, C oder D setzen.

Benutzen wir z. B. die Definitionsgleichungen (2) der Reihen A, B, C und D, so erhalten wir die folgende unendliche und irreductible Reihe:

$$(adbcb)(abcbd)(abdcb)(abdcb)(abdcb)(abdcb)(abdcb).....$$

Ganz auf dieselbe Weise kann man von vier verschiedenen Arten von Buchstaben eine unendliche und irreductible Reihe ohne einen ersten Buchstaben bilden, so dasz also die Reihe nach beiden Richtungen beliebig weit ausgedehnt werden kann.

Man kann auch in viererlei Buchstaben eine solche ringförmige irreductible Reihe konstruieren, dasz die Anzahl der Buchstaben gröszser wird als eine beliebig gegebene Zahl.

§ 2.

Satz 3. Aus drei verschiedenen Arten von Zeichen — z. B. aus Buchstaben a, Buchstaben b und aus Buchstaben c — kann man eine solche Reihe mit beliebig vielen Zeichen bilden, dasz je zwei in dieser Reihe vorkommende gleiche Zeichen oder Zeichenreihen immer durch wenigstens ein Zeichen getrennt sind.

Man kann mit anderen Worten aus drei verschiedenen Arten Buchstaben eine irreductible Reihe mit beliebig vielen Gliedern bilden.

Wir wollen diesen Satz beweisen, indem wir die folgende Erweiterung desselben zeigen.

Satz 4. Aus Buchstaben a, Buchstaben b und aus Buchstaben c kann man eine solche irreductible Reihe mit beliebig vielen Buchstaben bilden, dasz der Buchstabe c nirgends unmittelbar zwischen zwei Buchstaben a oder zwischen zwei Buchstaben b vorkommen wird.

Die genannte Reihe soll also durch Einschaltung von Buchstaben can passenden Stellen in einer aus Buchstaben a und b zusammengesetzten periodischen Reihe abababab....,

wo die Buchstaben a und b abwechselnd aufeinander folgen, gebildet werden können.

Beweis. Es sei U eine willkürliche, irreductible, aus Buchstaben a, b und c gebildete Reihe, die durch Einschiebung von Buchstaben c in einer periodischen Reihe abababab... von Reihen ab erhalten ist.

Wir brauchen dann blosz zu zeigen, wie man aus der Reihe U immer eine neue und längere Reihe derselben Art herleiten kann.

Um dies zu erreichen ersetzen wir zuerst in der Reihe U jeden Buchstaben c durch beziehungsweise eine der Reihen $\alpha\beta$ oder $\beta\alpha$, so dass kein Buchstabe α unmittelbar neben einem Buchstaben α und kein Buchstabe β unmittelbar neben einem Buchstaben δ irgendwo in der auf diese Weise erhaltenen neuen Reihe δ vorkommen wird.

Die Reihe W musz in den Buchstaben a, b, α und β irreductibel sein.

Enthielte nämlich W eine Reihe GG, dann müszte ja U auch eine solche Unterreihe gg enthalten, und gg ginge aus der Reihe GG hervor, wenn man z. B. nach dem Schleifen aller Buchstaben β von W jeden Buchstaben α derselben Reihe durch einen Buchstaben c ersetzt hätte.

Die Reihe W kann ferner auch nicht eine Reihe von der Form $G\alpha G$ oder eine Reihe von der Form $G\beta G$ besitzen.

Hätte nämlich W z. B. eine Unterreihe $G\beta G$, dann ginge ja diese Reihe, wenn man die Reihe W durch das oben genannte Verfahren

in die Reihe U wieder übertrüge, in eine Reihe gg von zwei gleichen Buchstaben oder Buchstabenreihen g über.

Da U irreductibel ist, wird dies also unmöglich sein.

Aus der Reihe W bildet man nun eine neue Reihe S durch Einschaltung eines Buchstabens γ zwischen je zwei aufeinander folgende Buchstaben von W.

S wird dann natürlicher Weise keine Reihe von einer der drei Formen GG, $G\alpha G$ und $G\beta G$ besitzen.

Sonst bekäme ja W auch eine Reihe von einer dieser Formen.

Ersetzen wir endlich in der letzten Reihe S jeden Buchstaben a durch die Reihe $\alpha\beta\alpha$ und jeden Buchstaben b durch die Reihe $\beta\alpha\beta$, so erhalten wir in den drei Buchstaben α , β und γ , wie wir beweisen werden, eine neue irreductible Reihe R mit mehr Buchstaben als U und so beschaffen, dasz kein Buchstabe γ irgendwo unmittelbar zwischen zwei Buchstaben α oder zwischen zwei Buchstaben β steht.

Das letzte leuchtet unmittelbar ein.

Um die erste Behauptung zu beweisen, nämlich dasz R keine Reihe PP enthalten kann, bemerken wir zunächst, dasz PP und also auch jede der zwei Reihen P wenigstens ein γ besitzen musz.

Es gibt ja keine anderen Reihen von R als die Reihen $\alpha\beta\alpha$ und $\beta\alpha\beta$, die kein einziges γ enthalten.

Ferner leuchtet ein, dasz jede der Reihen P wenigstens zwei Buchstaben γ enthalten musz.

Enthielte nämlich jedes P von der Reihe PP nur ein einziges γ , so läge zwischen den beiden γ entweder einer der Buchstaben α oder β oder eine der Reihen $\alpha\beta\alpha$ oder $\beta\alpha\beta$.

Weil aber die beiden γ zusammengehörige Buchstaben in PP sind, so müsste folglich jedes von ihnen unmittelbar zwischen zwei Buchstaben α oder unmittelbar zwischen zwei Buchstaben β liegen, was unmöglich ist.

Es sei nun P_1 und P_2 beziehungsweise das linke und das rechte P von PP.

Zwischen dem p'^{ten} und $p+1'^{\text{ten}}$ γ in P_1 — z. B. von links ab gerechnet — liegt für jede Zahl p derselbe Buchstabe α oder β oder dieselbe Reihe $\alpha\beta\alpha$ oder $\beta\alpha\beta$ als zwischen dem p'^{ten} und $p+1'^{\text{ten}}$ γ in P_{γ} .

Bedeutet A_p den Buchstaben oder die Reihe, die zwischen dem p'^{ten} und $p+1'^{\text{ten}}$ γ von P_1 liegt und B_p den Buchstaben oder die Reihe, die zwischen dem p'^{ten} und $p+1'^{\text{ten}}$ γ von P_2 liegt, dann ist

$$A_p = B_p$$

Wir behaupten nun, dasz zwischen dem äuszersten linken γ von P_2 und dem äuszersten rechten γ von P_1 eine der Reihen $\alpha\beta\alpha$ oder $\beta\alpha\beta$ liegen musz.

Im entgegengesetzten Falle enthielte ja die Unterreihe P_1P_2 von R die Reihe.

$$\gamma A_1 \gamma A_2 \gamma A_3 \gamma \dots \gamma A_n \gamma \delta \gamma B_1 \gamma B_2 \gamma B_3 \gamma \dots \gamma B_n \gamma$$

wo δ einen der Buchstaben α oder β bedeutet, während die Zahl n+1 die Anzahl der Buchstaben γ von P angibt.

Dies ist aber unmöglich, da die Reihen S und W keine Unterreihen von der Form $G\delta G$ besitzen.

Zwischen den beiden genannten Buchstaben γ in P_1P_2 liegt alzo eine der Reihen $\alpha\beta\alpha$ oder $\beta\alpha\beta$.

Es wird hinreichend sein zu zeigen, dasz z. B. die Reihe $\alpha\beta\alpha$ nicht zwischen den beiden γ liegen kann.

In diesem Falle erhielte man nämlich die folgenden vier Alternativen:

1)
$$P_1P_2 \equiv [\alpha\beta\alpha\gamma A_1\gamma A_2\gamma \dots \gamma A_n\gamma][\alpha\beta\alpha\gamma B_1\gamma B_2\gamma \dots \gamma B_n\gamma]$$

2)
$$P_1P_2 \equiv [\beta \alpha \gamma A_1 \gamma A_2 \gamma \dots \gamma A_n \gamma \alpha] [\beta \alpha \gamma B_1 \gamma B_2 \gamma \dots \gamma B_n \gamma \alpha]$$

3)
$$P_1 P_2 \equiv [\alpha \gamma A_1 \gamma A_2 \gamma \dots, \gamma A_n \gamma \alpha \beta] [\alpha \gamma B_1 \gamma B_2 \gamma \dots, \gamma B_n \gamma \alpha \beta]$$

4)
$$P_1 P_2 \equiv [\gamma A_1 \gamma A_2 \gamma \dots \gamma A_n \gamma \alpha \beta \alpha] [\gamma B_1 \gamma B_2 \gamma \dots \gamma B_n \gamma \alpha \beta \alpha]$$

Da weder die Reihe $\alpha\beta$ noch die Reihe $\beta\alpha$ unmittelbar zwischen zwei Buchstaben γ von R fallen kann, so musz die äuszere linke Reihe $\beta\alpha$ von P_1 bei der zweiten Alternative und die äuszere rechte Reihe $\alpha\beta$ von P_2 bei der dritten Alternative zu einer Reihe $\alpha\beta\alpha$ von R gehören.

Nach den vier Alternativen musz also beziehungsweise eine der folgenden vier Reihen:

1)
$$[\alpha\beta\alpha\gamma A_1\gamma A_2\gamma \dots \gamma A_n\gamma][\alpha\beta\alpha\gamma B_1\gamma B_2\gamma \dots \gamma B_n\gamma]$$

2)
$$[\alpha \beta \alpha \gamma A_1 \gamma A_2 \gamma \dots \gamma A_n \gamma] [\alpha \beta \alpha \gamma B_1 \gamma B_2 \gamma \dots \gamma B_n \gamma]$$

3)
$$[\gamma A_1 \gamma A_2 \gamma \dots \gamma A_n \gamma \alpha \beta \alpha] [\gamma B_1 \gamma B_2 \gamma \dots \gamma B_n \gamma \alpha \beta \alpha]$$
 (3)

4)
$$[\gamma A_1 \gamma A_2 \gamma \dots \gamma A_n \gamma \alpha \beta \alpha] [\gamma B_1 \gamma B_2 \gamma \dots \gamma B_n \gamma \alpha \beta \alpha]$$

in der Reihe R enthalten sein.

Ersetzt man nun in R jede Reihe $\alpha\beta\alpha$ durch den Buchstaben a und jede Reihe $\beta\alpha\beta$ durch den Buchstaben b und entfernt man darnach aus der auf diese Weise wieder erhaltenen Reihe S alle Buchstaben γ , so erhält man die oben erwähnte Reihe W.

Gleichzeitig geht bei diesem Verfahren jede der vier Reihen (3) in eine Reihe von der Form QQ über.

Wenn also R reductibel wäre, so besäsze W eine Unterreihe von der Form QQ, was nicht der Fall ist.

Hiermit ist unsere Behauptung bewiesen. Beispiel.

U = acb $W = a\beta ab$ $S = a\gamma\beta\gamma\alpha\gamma b$ $R = \alpha\beta\alpha\gamma\beta\gamma\alpha\gamma\beta\alpha\beta.$

Von drei Arten von Zeichen gibt es wenigstens k+1 verschiedene irreductible Reihen mit k Zeichen und mit den oben erwähnten Eigenschaften.

Jede irreductible Reihe mit 2k Zeichen enthält ja, wie man sofort sieht, k+1 irreductible verschiedene Unterreihen mit k Zeichen.

Satz 5. Man kann eine unbegrenzte Reihe $R_1 R_2 R_3 \ldots R_n \ldots$ von Zeichengeihen R dergestalt nach und nach bilden, dasz jedes Zeichen jeder Reihe R ein a, oder ein b oder ein c wird, während keine der Reihen R zwei gleiche unmittelbar nebeneinander stehende Buchstaben oder Reihen enthalten wird.

Ferner können die Reihen R so construiert werden, dasz man für jede Zahl p immer eine solche Reihe S_p finden kann, dasz

$$R_{p+1} = R_p S_p,$$

indem also R_{p+1} immer mit der Reihe R_p anfängt.

Endlich wird jede der genannten Reihen R gebildet werden können durch Einschaltung von Buchstaben c in eine Reihe abababab... von Reihen ab, so dasz nur ein a oder ein b oder eine der Reihen aba oder bab zwischen zwei aufeinander folgenden Buchstaben c vorkommen kann.

Der Satz spricht also aus, dasz man in drei oder mehreren verschiedenen Arten von Zeichen auf die oben erwähnte Weise immer eine unendliche und irreductible Reihe bilden kann,

Wir wollen dies zeigen.

Wenn R_1 einen beliebigen der Buchstaben a, b oder c bezeichnet, oder eine so beliebige irreductible Reihe derselben Buchstaben bedeutet, dasz sie keine Unterreihen aca oder bcb enthält, dann können wir von ihr ausgehend durch das oben im Beweis des Satzes (4) erwähnte Verfahren nach und nach eine beliebig weit ausgedehnte Reihe $R_1R_2R_3R_4...$ von so irreductiblen Reihen R bilden, dasz R_{p+1} von R_p gebildet ist, während sie alle keine Unterreihen aca oder bcb besitzen.

Bei dem genannten Verfahren geht ferner, wie man sofort sieht, jede aus zwei Reihen A und B gebildete Reihe AB der oben besprochenen Art in eine ähnliche Reihe A'cB' über, wo die Reihen A' und B' durch die erwähnte Operation aus beziehungsweise A und B hervorgegangen sind.

Ist also für eine gewisse Zahl q

$$R_{q+1} = R_q T_q$$

wo R_{q+1} aus R_q und einer Reihe T_q gebildet ist, dann wird auch

$$R_{q+2} = R_{q+1}c N_{q+1} = R_{q+1}T_{q+1}$$

wo $T_{q+1} = \varepsilon N_{q+1}$, während N_{q+1} aus der Reihe T_q hergeleitet ist. Wenn man folgelich R_1 so gewählt hat, dasz

$$R_2 = R_1 T_1$$

ist, dann müssen somit alle die auf diese Weise gebildeten Reihen R eben die im dem Satze besprochenen Eigenschaften besitzen.

Setzt man z. B.

$$R_1 = a$$

so erhalten wir die folgende irreductible unendliche Reihe:

abac babc abac bcac babc abac babc acbc abac babc abac

Diese Reihe, die wir mit Q bezeichnen wollen, kann wie wir gleich sehen werden, als eine Reihe von Reihen

abac, babc, acbc und bcac

aufgefasst werden.

Als die n'^{te} dieser Reihen von Q, von links ab gerechnet, wählt man für jede Zahl n die Reihe abac oder die Reihe babc, je nachdem der n'^{te} Buchstabe der Reihe Q ein a oder ein b ist.

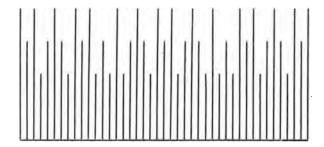
Ist der n'^{te} Buchstabe der Reihe Q ein c, so wählt man als die n'^{te} von den oben genannten vier Reihen in Q die Reihe acbc oder bcac, je nachdem das erwähnte c ein b oder ein a unmittelbar auf seiner linken Seite hat.

Mit Hülfe dieser einfachen Regel können wir leicht eine neue Regel finden, nach der man die Reihe Q durch Einschaltung von Buchstaben c in eine unendliche Reihe ababababab... von Reihen ab erhalten kann.

Hat man die Stelle von dem $n'^{\text{ten}} c$ gefunden, so kann man die Stelle des $n + 1'^{\text{ten}} c$ finden, indem man sofort sieht, ob ein Buchstabe a oder

b oder eine Reihe aba oder bab zwischen dem n'^{ten} und $n + 1'^{\text{ten}}$ c stehen soll.

Ersetzt man in der Reihe Q die Buchstaben a, b und c durch Stäbe a, b und c von verschiedener Länge, so erhält man einen unendlichen Zaun, der nicht — in obenstehendem Sinne — zwei gleiche Partien unmittelbar nebeneinander enthält.



Man kann alle Zeichenreihen mit k Zeichen zu einer baumähnlichen Figur zusammenfassen, so dasz je zwei der Reihen AB und AC, die beide mit derselben Reihe A anfangen, während die linken Endbuchstaben von B und C verschieden sind, durch die Figur



angegeben sind

Wir wollen darauf zeigen, dasz auch andere unendliche irreductible Reihen von Buchstaben a, b und c als die oben erwähnten existieren.

Es sei

$$P = acab$$
, $R = acb$, $Q = abcb$
 $A_1 = P\alpha R\beta Q$ $A = PRQ$
 $B_1 = P\alpha' R\beta Q$ $B = PcRQ$
 $C_1 = P\alpha R\beta' Q$ $C = PRcQ$
 $D_1 = P\alpha' R\beta' Q$ $D = PcRcQ$

Ist dann M eine willkürliche von den Reihen A, B, C und D und ebenso N, so wird, wie man sofort sieht, die Reihe MN irreductibel sein, wenn M und N verschieden sind, weil MN keine reductiblen Unterreihen enthalten.

Vertauscht man überall die Buchstaben a und b, so gehen A und D in zwei neue Reihen über, die durch Umlegen von beziehungsweise A und D hervorgehen werden.

Wie wir oben bewiesen haben, können wir aus Zeichen α , α' und β' eine so beliebig lange und irreductible Reihe S bilden, dasz sie keine Unterreihen $\alpha'\alpha\alpha'$ oder $\beta'\alpha\beta'$ besitzt.

Bildet man dann aus dieser Reihe eine neue Reihe U durch Einschaltung eines Zeichens β zwischen je zwei Zeichen α und α' , die unmittelbar nebeneinander stehen, so wird U in den Zeichen $\alpha\beta\alpha'\beta'$ irreductibel sein und enthält keine Unterreihen $G\alpha G$ oder $G\beta G$, wo G ein Zeichen oder eine Zeichenreihe bedeutet.

Schleift man nämlich in U alle Buchstaben β , so geht $G\beta G$ in eine Reihe gg von S über.

Schleift man dagegen in U alle Buchstaben α , so geht U in eine Reihe U' und $G\alpha G$ in eine Reihe g'g' von U' über.

Ersetzt man endlich in U' jeden Buchstaben β durch den Buchstaben α , so geht U' in S oder in eine Untereihe von S über, während g'g' in eine Untereihe gg von S übergeht.

Die Reihe U läszt sich auszerdem so wählen, dasz die nach links mit α oder α' anfängt, während sie nach rechts auf β oder β' endet.

Es bezeichne nun W' eine solche Reihe von Reihen, wovon jede eine der Reihen A_i , B_1 , C_1 oder D_1 ist, so dasz die zu der Reihe W' gehörigen Zeichen $\alpha\beta\alpha'\beta'$ eben die Reihe U bilden.

Ersetzt man dann in dieser Reihe W' jede Reihe A_1 , B_1 , C_1 oder D_1 durch beziehungsweise eine Reihe A, B, C oder D, so wird die auf diese Weise erhaltene Reihe W von Buchstaben a, b und c irreductibel sein.

Wir wollen diesen Satz beweisen.

Wie man sieht, erhält man W aus W', indem man jedes α und jedes β in W' schleist und jedes α' und jedes β' durch den Buchstaben α' ersetzt.

Jede der Reihen P, R und Q in W' geht also unberührt in eine zugeordnete Reihe P, R oder Q von W über.

Man sieht sofort, dasz jede Reihe von W, die einer der genannten Reihen P, R oder Q gleich ist, mit einer solchen auch identisch sein musz.

Wenn nun W eine Reihe von der Form II enthielte, so würde, wie oben gesagt, diese Reihe II nicht in einer Reihe MN enthalten sein, wo M und N zwei verschiedene der Reihen A, B, C und D sind.

II musz also wenigstens eine ganze der Reihen A, B, C oder D enthalten.

In der einen Reihe I gibt es also wenigstens eine ganze der genannten Reihen P oder Q.

Indem I_e und I_r beziehungsweise das linke und das rechte I von II bezeichnen, gibt es jedenfalls in I_e eine solche Reihe S_e und auf dem zugeordneten Platz von I_r eine mit S_e gleiche Reihe S_r , dasz jede der Reihen S_e und S_r eine der genannten Reihen P oder Q ist.

Zwischen zwei zusammengehörenden Buchstaben von I_{\bullet} und I_{τ} z. B. zwischen dem ersten linken Buchstaben von I_{\bullet} und dem entsprechenden Buchstaben von I_{τ} müssen somit wenigstens zehn Buchstaben liegen. I musz also wenigstens elf Buchstaben enthalten.

Eine der Reihen P, R oder Q musz folglich ganz innerhalb der Reihe I liegen.

Setzen wir definitionsmäszig

$$QP = T$$

so ist die Reihe QW_1P aus einer periodisehen Reihe

dergestalt gebildet, dasz man zwischen jeder Reihe T und der nachfolgenden Reihe R ein α oder α' und zwischen jeder Reihe R und der nachfolgenden Reihe T ein β oder β' eingeschaltet hat.

Entfernt man aus der Reihe QW_1P alle Buchstaben α und β und ersetzt man jeden Buchstaben α' und β' durch den Buchstaben c, so geht QW_1P in QWP über.

Die Reihen I_eI_r , I_e und I_r von W sind durch dieses Verfahren aus beziehungsweise drei Reihen $\psi \varphi$, ψ und φ von W' hervorgegangen.

Die Reihe $\psi \varphi$ kann so gewählt werden, dasz keiner der beiden Endbuchstaben von ψ ein α oder ein β wird, während die Reihe φ nicht auf ein α oder auf ein β nach rechts endet.

Sind in I_e hier L_e und M_e zwei auseinander folgende von den Reihen P und R oder von den Reihen R und Q, und sind L_r und M_r die zugeordneten Reihen von I_r , so werden L_r und M_r entweder unmittelbar gegeneinander stoszen oder durch einen Buchstaben c getrennt sein, je nachdem dasselbe beziehungsweise bei L_e und M_e stattfindet.

 L_r und M_r von φ müssen folglich durch dieselben von den Zeichen α , β , α' oder β' getrennt sein, wie L_s und M_s von ψ .

Da I wenigstens elf Buchstaben enthält, so musz die Reihe I wenigstens eine der Reihen R oder T und jede der Reihen ψ und φ wenigstens eins von den Zeichen α , β , α' oder β' zwischen einem b und einem a enthalten.

Wir wollen nun alle in Ie und ψ vorkommenden ganzen Reihen R und T der Reihe nach von links nach rechts gerechnet beziehungsweise durch

$$G_0G_1G_2\ldots G_n$$

bezeichnen und die entsprechenden hiermit gleichen Reihen von I_r und φ beziehungsweise durch

$$H_0H_1H_2\ldots H_n$$

Für jede Zahl m stoszen H_m und H_{m+1} von I_r entweder unmittelbar aneinander oder sie sind durch ein c getrennt, je nachdem dasselbe bei G_m und G_{m+1} stattfindet.

Zwischen den Reihen H_m und H_{m+1} von φ liegt dasselbe von den Zeichen α , β , α' oder β' als zwischen den Reihen G_m und G_{m+1} von ψ .

Bedeutet nun h_m dasjenige von den Zeichen α , β , α' oder β' , welches in ψ zwischen G_m und G_{m+1} liegt, und k_m das entsprechende Zeichen von φ , welches zwischen H_m und H_{m+1} liegt, so werden also für jede Zahl m:

$$G_m = H_m$$
 und $h_m = k_m$.

Wir bemerken zunächst, dasz G_n und H_o in $\psi \varphi$ nicht blosz durch einen Buchstaben α oder β getrennt sein können.

Sonst würde ja ww gleich der Reihe

$$[G_0h_0G_1h_1G_2....H_{n-1}h_{n-1}G_n\beta H_0k_0H_1k_1H_2...H_{n-1}k_{n-1}H_n],$$

wo s ein α oder ein β bezeichnete. Dies ist aber unmöglich, da U keine Reihe von der Form FsF besitzen kann.

Wären in $\psi \varphi$ die Reihen G_n und H_o nur durch ein Zeichen α' oder β' getrennt, so würde $\psi \varphi$ gleich einer der beiden Reihen

$$[G_{o}h_{o}G_{1}h_{1}.....G_{n-1}h_{n-1}G_{n}u][H_{o}k_{o}H_{1}k_{1}.....H_{n-1}k_{n-1}H_{n}u]$$
oder
$$[uG_{o}h_{o}G_{1}h_{1}.....G_{n-1}h_{n-1}G_{n}][uH_{o}k_{o}H_{1}k_{1}....H_{n-1}k_{n-1}H_{n}]$$

wo u eins der Zeichen α' oder β' bedeutet.

Läge endlich zwischen G_n und H_o in $\psi \varphi$ eine ganze von den Reihen T oder R, die wir mit K bezeichnen können, so hätten wir

$$\psi \varphi \equiv$$

$$[tyG_0h_0G_1 \dots G_{n-1}h_{n-1}G_nxs][tyH_0k_0H_1 \dots H_{n-1}k_{n-1}H_nxs],$$

wo jeder von den Buchstaben x und y gleich einem der Zeichen α , β , α' oder β' ist, während s und t solche Buchstaben oder Reihen sind, dasz

$st \equiv K$.

Da U irreductibel ist, so müssen also auch die beiden letzten Fälle unmöglich sein.

W wird somit auch reductibel sein, was zu beweisen war.

Satz 6. Man kann aus zweierlei Zeichen – z. B. aus Buchstaben a und b – eine solche unendliche Reihe bilden, dasz in ihr nirgends drei gleiche unmittelbar auseinander solgende Zeichen oder Zeichenreihen vorkommen können.

Man erhält eine solche Reihe von Buchstaben a und b, wenn man in einer unendlichen irreductiblen Reihe von Buchstaben x, y und z jedes x durch ein a, jedes y durch eine Reihe ab und jedes z durch eine Reihe ab ersetzt.

Hülfssatz 1. Hat man von Buchstaben x und y zwei solche Reihen R(x,y) und S(x,y), dasz R(a,ab) und S(a,ab) in den Buchstaben a und b einander gleich werden, dann müssen R(x,y) und S(x,y) in den Buchstaben x und y auch einander gleich sein.

Jeder Buchstabe a oder b von R(a,ab) oder S(a,ab) gehört entweder zu einem x oder einem y in beziehungsweise R(x,y) oder S(x,y).

Da ein y in jeder von beiden Reihen R(x,y) und S(x,y) vorkommen soll, musz wenigstens ein b in jeder der Reihen R(a,ab) und S(a,ab) vorkommen.

Da R(a, ab) und S(a, ab) einander gleich sind, so hat das am weitesten nach links stehende b von R(a, ab) denselben Platz in dieser Reihe wie das am weitesten nach links stehende b von S(a, ab) in dieser letzten Reihe.

Vor jedem dieser b musz ein a stehen, da jedes der genannten b zu einem y in beziehungsweise R(x,y) und S(x,y) gehört.

Auf der linken Seite der ersten Reihe ab von R(a, ab) musz nun dieselbe Anzahl Buchstaben a stehen wie auf der linken Seite von der ersten ab in S(a, ab).

Auf der linken Seite des ersten y von R(x,y) liegt folglich dieselbe Anzahl von Buchstaben x, wie auf der linken Seite des ersten y von S(x,y).

Auf dieselbe Weise kann man darnach über die beiden auf der rechten Seite des genannten y liegenden Restreihen von beziehungsweise R(x,y) und S(x,y) raisonnieren.

Hülfssatz 2. Hat man von den Buchstaben x, y und z zwei Reihen R(x,y,z) und S(x,y,z) die einander in den Buchstaben a und b gleich werden, nachdem man jedes x durch einem Buchstaben a, jedes y durch eine Reihe ab und nachdem man jedes z durch eine Reihe abb ersetzt hat, dann müssen die Reihen R(x,y,z) und S(x,y,z) auch in den Buchstaben x, y und z einander gleich sein.

Die am weitesten nach links stehende Reihe bb von R(a,ab,abb) steht auf demselben Platz in Bezug auf diese Reihe wie die am weitesten nach links stehende Reihe bb von S(a,ab,abb) in Bezug auf diese letzte Reihe.

Da jede Reihe bb zu einer Reihe abb oder zu einem s gehört, so musz vor jeder der genannten Reihen bb ein a stehen.

Die Reihe, die auf der linken Seite der ersten Reihe abb von R(a,ab,abb) liegt, und die auf der linken Seite der ersten Reihe abb von S(a,ab,abb) liegende Reihe müssen einander gleich sein.

Bedcutet folglich P die auf der linken Hand des ersten s der Reihe R(x,y,s) liegende Reihe, die folglich kein einziges s enthält und bedeutet Q die entsprechende Reihe von S(x,y,s), dann müssen P und Q dem Hülfssatse (1) nach einander gleich sein.

Ganz auf dieselbe Weise können wir über die von R(x, y, z) und S(x, y, z) durch Entfernung der Reihen P und Q erhaltenen Restreihen raisonnieren.

Es sei nun U(x, y, s) eine ganz beliebige irreductible Reihe von den drei Arten Buchstaben x, y und s.

Ersetzen wir dann in dieser Reihe U(x,y,z) jedes x durch den Buchstahen a, jedes y durch die Reihe ab und jedes z durch die Reihe abb, so wird die auf diese Weise gebildete Reihe U(a,ab,abb) nirgends drei gleich unmittelbar auseinander folgende Reihen $G_1G_2G_3$ enthalten.

Wir setzen

$$G_1 = G_2 = G_3 = G$$

Hülfssatz 3. Enthält U(a,ab,abb) eine Reihe GGG, dann kann die Reihe G nicht nach links mit einem a anfangen.

Fangen nämlich G_1 , G_2 und G_3 nach links mit einem a an, dann ist G_1 und G_2 aus beziehungsweise zwei Reihen $g_1(x,y,z)$ und $g_2(x,y,z)$ von U(x,y,z) durch das erwähnte Verfahren entstanden, so dasz also g_1 und g_2 in beziehungsweise G_1 und G_2 übergehen werden, wenn jedes x, y und z durch beziehungsweise z, z0 und z0 und z1 und z2 und z3 und z4 und z5 und z5 und z6 und z7 und z8 und

Nach dem Hülfssatze (2) müszten dann $g_1(x,y,z)$ und $g_2(x,y,z)$ einander gleich sein, was unmöglich ist, da U(x,y,z) irreductibel sein soll.

Hülfssatz 4. Wenn U(a,ab,abb) eine Reihe GGG enthält, dann fängt G nach links nicht mit der Reihe bb an.

Finge nämlich G_3 mit der Reihe bb an, so müszte G_2 auf ein a enden und wir hätten entweder

$$G = bba$$
 oder $G = bbPa$,

wo P durch das genannte Versahren aus einer Reihe oder einem Buchstaben p(x,y,z) von U(x,y,z) hergeleitet ist.

Wir bekämen dann die beiden Möglichkeiten

$$GGG = [bba][bba][bba] = bb[abb][abb]a$$

$$GGG = [bbPa][bbPa][bbPa] = bb[Pabb][Pabb]Pa$$

und U(x, y, s) müszte folglich dem Hülfssatze (2) nach eine Reihe sz oder (ps)(ps) enthalten.

Hülfssatz 5. Wenn U(a,ab,abb) eine Reihe GGG besäsze, dann könnte die Reihe G nach rechts nicht auf ein b enden.

Weil G nach den Hülfssätzen (3) und (4) mit der Reihe ba nach links anfangen musz, so erhielten wir, wenn der Hülfssatz (5) nicht richtig wäre, entweder

$$G = bab$$
 oder $G = baSb$,

wo S ein Buchstabe oder eine Reihe ist. Man hätte also die beiden Alternativen:

$$GGG = [bab] [bab] [bab] = b [abb] [abb] ab$$

$$GGG = [baSb] [baSb] [baSb] = [baTab] [baTab] [baTab]$$

$$= b [aTabb] [aTabb] aTab = b [Qabb] [Qabb] Qab,$$

wo jede Reihe Q aus einer Reihe q(x,y,z) von U(x,y,z) durch das erwähnte Verfahren hergeleitet ist.

Nach dem Hülfssatze (2) enthält also U(x,y,z) nach den gegebenen Voraussetzungen entweder die Reihe zz oder die Reihe (qz) (qz).

Wenn folglich U(a,ab,abb) eine Reihe GGG enthielte, so müszte; entweder

$$G = ba$$
oder
$$G = baSa = bTa,$$

wo T für jede der drei Reihen G aus einer Reihe t(x, y, s) von U(x, y, s) entstanden ist.

.Wir hätten also, entweder

$$GGG = [ba][ba][ba] = b[ab][ab]a$$

$$GGG = [bTa][bTa][bTa] = b[Tab][Tab]Ta.$$
oder

Dem Hülfssatze (2) nach enthielte mithin U(x,y,s) entweder die Reihe yy oder die Reice (ty)(ty), was unmöglich ist.

Hiermit ist Satz (6) bewiesen.

Aus dem obenstehenden Raisonnement erkennt man sofort, dasz je zwei beliebige einander gleiche Reihen von U(a,ab,abb) nicht mehr als höchstens einen gemeinsamen Buchstaben haben können.

Nordstrand, d. 16. April 1906.

<u>•;</u>

đ

z je

r ab

.

.

• • .

BEITRÄGE ZUR THEORIE DER LÖSUNGEN.

VON

L. VEGARD.

(MIT 4 FIGUREN IM TEXT.)

(Videnskabs-Selskabets Skrifter. I. Math.-Naturv. Klasse 1906. No. 8.)

UDGIVET FOR FRIDTJOF NANSENS FOND.

CHRISTIANIA.

IN COMMISSION BEI JACOB DYBWAD.

A. W. BRØGGERS BUCHDRUCKEREI.

1906.

Fremlagt i møde i den math.-naturv. klasse 12te oktober 1906 af prof. K. Birl

Beiträge zur Theorie der Lösungen.

Von

L. Vegard.

§ 1.

Über die Veränderung der Konzentration in einer binären Lösung, die sich in einem Kraftfelde befindet, wo die Kraft mit der ponderablen Masse proportional ist.

Bei der thermodynamischen Behandlung von flüssigen Gemischen, die aus Stoffen bestehen, die in einander aufgelöst sind, wird immer angenommen, dass die Wirkung der Schwere ausser Betracht gesetzt werden kann. Man setzt mit andern Worten voraus, dass ein »aufgelöstes System« ein homogenes ist, wenn Gleichgewicht eingetreten ist. Daraus folgt, dass die thermodynamischen Funktionen in Bezug auf die Komponenten der Lösung homogen sein werden.

Ist indessen die Lösung der Wirkung einer Krast unterworsen, die der ponderablen Masse der einzelnen Komponenten proportional ist — z. B. für die Wirkung der Schwere ausgesetzt – wird die Homogenität verloren gehen, da ja der Druck sich in der Flüssigkeit von Ort zu Ort ändert. Ausserdem ist es a priori wahrscheinlich, dass auch das Mischungsverhältnis sich in der Lösung ändert, wenn dies im Gleichgewicht ist. Hätten nämlich die Stoffe keinen Trieb dazu sich in einander zu lösen, würde die Schwere bewirken, dass die Komponenten nach der Grösse ihrer Dichte sich auf einander lagerten. Diese Wirkung der Schwere wird nun von dem Lösungstriebe der Stoffe entgegengearbeitet, und es muss sich ein Gleichgewicht einstellen, wo das Mischungsverhältnis der verschiedenen Orten in der Weise variiert, dass der Schwerpunkt des ganzen Systems niedriger liegt, als wenn das System homogen gewesen wäre, aber höher als wenn sich die Stofse

nicht in einander aufgelöst hätten. Für ein gelöstes System, das der Wirkung der Schwere unterworfen ist, werden die thermodynamischen Funktionen in Bezug auf die Komponenten nicht mehr homogen sein. Sie können doch in der Umgebung eines Punktes als homogen betrachtet werden.

Wir werden im folgenden annehmen, dass wir eine binäre Lösung haben, dass also unser flüssiges System nur aus zwei Komponenten besteht. Wir werden weiter annehmen, dass das Feld, in welchem das System sich befindet, von einem Potential U abhängig ist, das als Funktion der Koordinaten eines rechtwinkeligen Koordinatensystems gegeben sein kann. Die Molekülarmassen seien M_1 und M_2 . Ist in einem kleinen Volumelemente der Lösung n_1 Molekülen der ersten, n_2 der zweiten Komponente, ist die Konzentration durch die Gleichung definiert:

$$c = \frac{M_2 n_2}{M_1 n_1}$$

Wir stellen uns jetzt die Aufgabe c als Funktion der Koordinaten zu finden, wenn Gleichgewicht eingetreten ist, und die Temperatur über die ganze Lösung konstant gehalten wird.

Wenn das System im Gleichgewicht sein soll, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein — eine mechanische und eine thermodynamische. Wird der Druck in einem Punkte der Flüssigkeit mit p bezeichnet, dann giebt die mechanische Gleichgewichtsbedingung:

(1)
$$dp = -\varrho \left(\frac{\partial U}{\partial x} dx + \frac{\partial U}{\partial y} dy + \frac{\partial U}{\partial z} dz \right)$$

e ist die Dichte der Lösung in dem betrachteten Punkte. Die notwendige Bedingung für das Gleichgewicht ist, dass p eine Funktion der Koordinaten ist, woraus hervorgeht, dass dp ein exaktes Differential sein muss. Demnach müssen wir haben:

$$\frac{\partial \left(\varrho \frac{\partial U}{\partial x}\right)}{\partial y} = \frac{\partial \left(\varrho \frac{\partial U}{\partial y}\right)}{\partial x}$$
$$\frac{\partial \left(\varrho \frac{\partial U}{\partial x}\right)}{\partial z} = \frac{\partial \left(\varrho \frac{\partial U}{\partial z}\right)}{\partial x}$$

Wird die Differentiation ausgeführt bekommen wir:

$$\frac{\frac{\partial \varrho}{\partial x}}{\frac{\partial U}{\partial x}} = \frac{\frac{\partial \varrho}{\partial y}}{\frac{\partial U}{\partial y}} = \frac{\frac{\partial \varrho}{\partial z}}{\frac{\partial U}{\partial s}} = \frac{\frac{\partial \varrho}{\partial n}}{\frac{\partial U}{\partial n}} = \frac{\frac{\partial \varrho}{\partial n}}{-K}$$

wo K die Resultante der Kraftintensität im Punkte und $\frac{\partial \varrho}{\partial n}$ die Veränderung der Dichte für eine Längeneinheit in der Richtung der Kraft bedeutet.

Da die Dichte im Gleichgewicht eine Funktion der Koordinaten ist, müssen wir haben:

$$d\varrho = \frac{\partial \varrho}{\partial x} dx + \frac{\partial \varrho}{\partial y} dy + \frac{\partial \varrho}{\partial z} dz$$

oder bei Benutzung der obenstehenden Gleichungen:

$$d\varrho = -\frac{\partial \varrho}{\partial n} \frac{1}{K} dU$$

Jetzt haben wir weiter, dass die Konzentration als Funktion von Temperatur, Druck und Dichte gesetzt werden kann. Wird die Temperatur konstant angenommen, bekommen wir:

$$dc = \frac{\partial c}{\partial \rho} d\rho + \frac{\partial c}{\partial \rho} d\rho$$

Der Wert für $d\varrho$ und dp eingesetzt giebt:

$$dc = -\left(\frac{\partial c}{\partial \varrho} \frac{\partial \varrho \cdot \mathbf{I}}{\partial n} + \frac{\partial c}{\partial \rho} \varrho\right) \left(\frac{\partial U}{\partial x} dx + \frac{\partial U}{\partial y} dy + \frac{\partial U}{\partial z} dz\right)$$

Ausserdem müssen wir schreiben können:

(2 a)
$$dc = \frac{\partial c}{\partial x} dx + \frac{\partial c}{\partial y} dy + \frac{\partial c}{\partial s} ds$$

Da die beiden Ausdrücke für dc identisch sein müssen, und x, y, z unabhängig Veränderliche sind, müssen wir haben:

$$\frac{\frac{\partial c}{\partial x}}{\frac{\partial U}{\partial x}} = \frac{\frac{\partial c}{\partial y}}{\frac{\partial U}{\partial y}} = \frac{\frac{\partial c}{\partial z}}{\frac{\partial U}{\partial z}} = \frac{\frac{\partial C}{\partial n}}{-K}$$

Wird dies in Gleichung (2 a) eingesetzt, erhält man:

(2 b)
$$dc = -\frac{1}{K} \frac{\partial c}{\partial n} dU$$

Aus dieser Gleichung geht hervor, dass dc = 0, wenn dU = 0. Hieraus können wir schliessen, dass die Konzentration im Gleichgewichte über eine Potentialfläche konstant sein muss, und ihren grössten Fall in der Richtung der Krast besitzt. U und K sind gegebene Grössen. Das einzige, das wir noch zu bestimmen haben, ist $\frac{\partial c}{\partial n}$, oder wie wir es nennen können, der Konzentrationsgradient. Dieser muss bei Zuhülsenahme der

thermodynamischen Gleichgewichtsbedingung bestimmt werden, die wir hier kurz besprechen wollen.

Erleidet ein System bei konstanter Temperatur eine Veränderung von einem Zustande o bis einem Zustande 1, dann ist die Wärmemenge, die das System während der Veränderung abgiebt, durch die folgende Gleichung, wie bekannt, ausgedrückt:

$$Q = T(S_0 - S_1) + TP$$

Hier bedeutet T die absolute Temperatur, S die Entropie, $T(S_0 - S_1)$ ist die Wärmemenge, die das System abgeben würde, wenn der Prozess reversiebel geleitet gewesen wäre.

Nach dem zweiten Hauptsatze der Wärmelehre ist *P* eine Grösse, die, für alle Prozesse, die sich von selbst im System abspielen, niemals negativ sein kann.

Wird unser System in der Umgebung des Gleichgewichts betrachtet, kann die lebendige Kraft ausser Betracht gelassen werden, und wir bekommen, laut des ersten Hauptsatzes der Wärmelehre:

$$Q = I_0 - I_1 + A$$

wenn die Wärme in Arbeitseinheiten gemessen wird. I ist die innere Energie und A die zu überwindende äussere Arbeit.

Bei Kombination der beiden Gleichungen bekommen wir:

$$TP = (I_0 \div TS_0) \div (I_1 \div TS_1) + A$$

Hier sind I und S Funktionen von den Veränderlichen des Systems. Wir setzen:

$$I-TS=\psi$$

wo ψ eine Funktion ist, die das innere thermodynamische Potential genannt wird. Erleidet das System eine unendlich kleine Veränderung, so erhält man:

$$IdP = -\partial \psi + \partial A$$

Die Bedingung dafür, dass ein System, das bei konstanter Temperatur sich selbst überlassen wird, im Gleichgewicht sein soll, ist jetzt, dass dP für jede Veränderung, die das System erleiden kann, gleich o ist 1. Ist das System bei r unabhängig Veränderlichen $\alpha_1, \alpha_2 \ldots \alpha_r$ bestimmt, so kann das System r unabhängige Variationen erleiden. Die Gleichgewichtsbedingungen können dann geschrieben werden:

$$(\partial \psi)_{\alpha_1} = (\partial A)_{\alpha_1}$$

$$(\partial \psi)_{\alpha_2} = (\partial A)_{\alpha_2}$$

$$\vdots$$

$$(\partial \psi)_{\alpha_r} = (\partial A)_{\alpha_r}$$

¹ Duhem: Mécanique, Chimique, Tome I, Livre I, P. 89.

Hier bedeutet $(\partial \psi)_{\alpha_r}$ und $(\partial A)_{\alpha_r}$ die Variationen von ψ bezw. A für eine kleine Variation von α_r , wenn die anderen Veränderlichen konstant gehalten werden.

Die Veränderung, die hier in Betracht kommt, ist eine relative Verschiebung der beiden Komponenten in einem Volumelemente. Diese Variation wird gewöhnlich eine kleine Volumveränderung verursachen. Der Druck auf das Element dagegen wird hierdurch nicht geändert. Wird der äussere Druck während der Variation konstant gehalten, wird die äussere Arbeit aus zwei Teilen bestehen, und wir haben:

$$\partial A = - p \partial v + \partial a$$

p ist der Druck, v das Volumen und ∂a die Arbeit, die von der Kraft im Felde wegen der Variation ausgeführt wird. Die Gleichgewichtsbedingung in unserem Falle wird dann:

$$\partial \psi + \rho \partial v = \partial a$$

und da p konstant ist:

$$\partial (\psi + pv) = \partial a$$

 $\psi + \rho v$ ist das äussere thermodynamische Potential oder das thermodynamische Potential bei konstantem Drucke. Wird diese Funktion mit w bezeichnet bekommen wir:

$$\partial \omega = \partial a$$

Wir werden jetzt ein kleines Volumelement dx, dy, dz betrachten, das n_1 Molekülen der ersten und n_3 der zweiten Komponente enthält. Wir wählen die X-Achse parallel mit der Kraft in dem betrachteten Punkte. Wir können annehmen, dass das thermodynamische Potential für das Element, — mit Wegwerfung von Grössen höherer Ordnung — den Wert hat, den es haben würde, wenn das System homogen wäre und der Druck und die Konzentration den Wert hätten, den sie im Mittelpunkte des Elements besitzen. ω wird für das Element eine homogene Funktion des ersten Grades, und wir erhalten nach einem bekannten Satze von Euler:

$$\omega (M_1 n_1, M_2 n_2, p, T) = M_1 n_1 \frac{\partial \omega}{\partial (M_1 n_1)} + M_2 n_2 \frac{\partial \omega}{\partial (M_2 n_2)}$$

Die beiden partiellen Ableitungen sind wiederum homogene Funktionen des o^{ten} Grades von den Komponenten. Wir setzen:

$$\frac{\partial \omega}{\partial (M_1 n_1)} = f_1(c, p, T)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial (M_2 n_2)} = f_2(c, p, T)$$

Der Satz von Euler noch einmal benutzt giebt:

$$M_1 n_1 \frac{\partial^2 \omega}{\partial (M_1 n_1)^2} + M_2 n_2 \frac{\partial^2 \omega}{\partial (M_1 n_1) \partial (M_2 n_2)} = 0$$

Wird $f_1(c, p, T)$ und $f_2(c, p, T)$ eingesührt, bekommen wir die solgende sehr wichtige Verbindung:

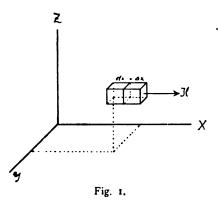
(4)
$$\frac{\partial f_1(c, p, T)}{\partial c} + c \frac{\partial f_2(c, p, T)}{\partial c} = o^1$$

Wird f_1 und f_2 in die Gleichung für w eingeführt bekommen wir:

$$\omega = M_1 n_1 f_1(c, p, T) + M_2 n_2 f_2(c, p, T)$$

Lässt man x um eine kleine Grösse $\triangle x = dx$ zunehmen, entsteht ein neues Element von derselben

(Siehe Fig. 1.)



In diesem Elemente wird der Druck durchschnittlich ein anderer sein, ausserdem wird noch das Mischungsverhältnis ein anderes. Die Molekülzahlen des neuen Elements seien $n_1 + dn_1$ und $n_2 + dn_2$. Hierdurch wird die folgende Änderung der Konzentration hervorgebracht:

Grösse wie das ursprüngliche.

(5)
$$dc = c \left(\div \frac{dn_1}{n_1} + \frac{dn_2}{n_2} \right)$$

Für das thermodynamische Potential des zweiten Elements erhält man, wenn Grössen zweiter und höherer Ordnung vernachlässigt werden:

$$\begin{split} \omega' &= w + M_1 f_1 dn_1 + M_2 f_2 dn_2 + M_1 n_1 \left(\frac{\partial f_1}{\partial c} + c \frac{\partial f_2}{\partial c} \right) dc \\ &+ M_1 n_1 \left(\frac{\partial f_1}{\partial p} + c \frac{\partial f_2}{\partial p} \right) dp \end{split}$$

¹ Duhem: Mécanique Chimique Tome III Livre VI P. 5.

Hier bedeutet dn_1 , dn_2 , dc, dp die durchschnittlichen Veränderungen der vier Grössen n_1 , n_2 , c, p von einem Elemente zum anderen, oder besser, die Veränderungen, die diese Grössen erleiden, wenn wir vom Mittelpunkte des ersten zum Mittelpunkte des zweiten Elements gehen. Wir können demnach schreiben:

$$dn_1 = \frac{\partial n_1}{\partial x} \cdot dx \qquad dn_2 = \frac{\partial n_2}{\partial x} dx,$$

$$dc = \frac{\partial c}{\partial x} dx, \qquad dp = \frac{\partial p}{\partial x} dx$$

und wenn die Gleichungen (1) und (4) in Betracht gezogen werden, erhält man:

(6 a)
$$\omega' = \omega + \left[M_1 f_1 \frac{\partial n_1}{\partial x} + M_2 f_2 \frac{\partial n_2}{\partial x} + M_1 n_1 \left(\frac{\partial f_1}{\partial p} + c \frac{\partial f_2}{\partial p} \right) \varrho K \right] dx$$

Es muss jetzt bemerkt werden, dass n_1 und n_2 nicht unabhängig von einander variieren; denn in den beiden Elementen muss immer so viel von beiden Stoffen sein, dass das Volumenelement voll von Flüssigkeit gehalten wird.

Wir werden annehmen, dass die Molekülarvolumen der Komponenten bei der Konzentration c mit v_1 , bezw. v_2 bezeichnet werden.

Für das Volumen des ersten Elements erhält man:

$$dx \cdot dy \cdot dz = v_1 n_1 + v_2 n_2$$

In dem andern ist die Konzentration eine andere und der Druck ein anderer. Wir werden indessen die Flüssigkeit incompressibel annehmen, und die Änderung des Volumens mit dem Drucke ausser Betracht lassen. Die Molekülarvolumen der beiden Komponenten des zweiten Elements werden dann:

$$\left(v_1 + \frac{\partial v_1}{\partial c} dc\right)$$
 und $\left(v_2 + \frac{\partial v_2}{\partial c} dc\right)$

und das Volumen des zweiten Elements wird:

$$\left(v_1 + \frac{\partial v_1}{\partial c} dc\right)(n_1 + dn_1) + \left(v_2 + \frac{\partial v_2}{\partial c} dc\right)(n_2 + dn_2) = dxdydz$$

$$= v_1 n_1 + v_2 n_2$$

Setzen wir der Kürze wegen:

$$\begin{aligned} k_1 &= v_1 - \left(\frac{\partial v_1}{\partial c} + \frac{M_1}{M_2} c \frac{\partial v_2}{\partial c}\right) c \\ k_2 &= v_1 + \left(\frac{\partial v_2}{\partial c} + \frac{M_1}{M_2} c \frac{\partial v_2}{\partial c}\right) \frac{M_2}{M_1} \end{aligned}$$

bekommen wir:

$$k_1dn_1+k_2dn_2=0$$

Oder, da dn_1 und dn_2 Variationen sind, die derselben Variation dx entsprechen:

(7 a)
$$k_1 \frac{\partial n_1}{\partial x} + k_2 \frac{\partial n_2}{\partial x} = 0$$

Wird $\frac{\partial n_1}{\partial x}$ zwischen Gleichung (6 a) und (7 a) eleminiert erhält man:

(6 b)
$$\omega' = \omega + \left[\left(M_1 f_1 - \frac{k_1}{k_2} M_2 f_2 \right) \frac{dn_1}{\partial x} + M_1 n_1 \left(\frac{\partial f_1}{\partial p} + c \frac{\partial f_2}{\partial p} \right) \varrho K \right] dx$$

Das thermodynamische Potential für die beiden Elemente zusammen genommen wird:

$$\omega' + \omega = 2 \omega + \left[\left(M_1 f_1 - \frac{k_1}{k_2} M_2 f_2 \right) \frac{\partial n_1}{\partial x} + M_1 n_1 \left(\frac{\partial f_1}{\partial p} + c \frac{\partial f_2}{\partial p} \right) \varrho K \right] dx$$

Um die Bedingung des Gleichgewichts zu finden, müssen wir eine kleine Variation vornehmen, die darin besteht, dass die Massen $M_1 \varepsilon n_1$ und $M_2 \varepsilon n_2$ vom ersten bis zum zweiten Elemente geführt werden. Diese Variationen εn_1 und εn_2 sind indessen nicht von einander unabhängig, sondern durch die Gleichung verbunden:

$$(7 b) v_1 \varepsilon n_1 + v_2 \varepsilon n_2 = 0$$

Diese Beziehung gilt mit voller mathematischen Strenge nur unter der Voraussetzung, dass die Molekülarvolumen nicht mit der Konzentration variieren. Doch muss, was wir auch später zeigen werden, das Resultat wegen der Kontinuität der Natur auch für solche Lösungen eine annähernde Geltung haben, für welche die Kontraktion gering ist, und dies ist tatsächlich für die meisten Lösungen der Fall.

Das thermodynamische Potential unseres Doppelelements nach der Variation können jetzt gefunden werden, indem wir das Potential eines jeden Elements für sich berechnen. Das thermodynamische Potential nach der Variation für das erste Element wird:

$$\omega_1 = \omega - \left(M_1 f_1 - \frac{v_1}{v_2} M_2 f_2\right) \varepsilon n_1$$

für das zweite:

$$\begin{split} \omega_{1}' &= \omega + \left[\left(M_{1}f_{1} - \frac{k_{1}}{k_{2}} M_{2}f_{2} \right) \frac{\partial n_{1}}{\partial x} + M_{1}n_{1} \left(\frac{\partial f_{1}}{\partial p} + c \frac{\partial f_{2}}{\partial p} \right) \varrho K \right] dx \\ &+ \left(M_{1}f_{1} - \frac{v_{1}}{v_{2}} M_{2}f_{2} \right) \varepsilon n_{1} + \left[\left(M_{1} \frac{\partial f_{1}}{\partial c} - \frac{k_{1}}{k_{2}} M_{2} \frac{\partial f_{2}}{\partial c} \right) \frac{\partial n}{\partial x} \varepsilon c \right. \\ &+ \varrho K \left(M_{1} \frac{\partial f_{1}}{\partial p} - \frac{v_{1}}{v_{2}} M_{2} \frac{\partial f_{2}}{\partial p} \right) \varepsilon n_{1} + M_{1} n_{1} \varrho K \left(\frac{\partial^{2} f_{1}}{\partial c \partial p} + c \frac{\partial^{2} f_{2}}{\partial c \partial p} \right) \varepsilon c \right] dx \end{split}$$

Man hätte bei einer oberflächlichen Betrachtung glauben können, dass auch ϱ hier variiert werden sollte, weil ja die Dichte eine Funktion der Konzentration ist. Wir müssen uns indessen erinnern, dass ϱ die durchschnittliche Dichte zwischen den Mittelpunkten der Elemente ist, und bei diesem relativen Austausche der Masse wird nichts aus dem ganzen Doppelelemente geführt. Die durchschnittliche Dichte behält ihren Wert unverändert, und die Druckänderung zwischen den Mittelpunkten wird durch die Variation nicht beeinflusst. Obenstehenden Ausdruck für ω'_1 , können wir beträchtlich vereinfachen, indem wir

$$\frac{\partial^2 f_1}{\partial c \partial \rho} + \frac{\partial^2 f_2}{\partial c \partial \rho} c = \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\frac{\partial f_1}{\partial c} + c \frac{\partial f_2}{\partial c} \right) = o \quad \text{haben.}$$

Weiter haben wir, wie später gezeigt wird:

(8)
$$\begin{cases} k_1 = v_1 & , & k_2 = v_2 \\ M_1 \frac{\partial f_1}{\partial \rho} - M_2 \frac{v_1}{v_2} \frac{\partial f_2}{\partial \rho} = 0 \end{cases}$$

Der Ausdruck für ω'_1 nimmt dann folgende Gestalt an:

$$\omega_1' = \omega' + \left(M_1 f_1 - \frac{v_1}{v_2} M_2 f_2\right) \varepsilon n_1 + \left(M_1 \frac{\partial f_1}{\partial \varepsilon} - \frac{v_1}{v_2} \frac{\partial f_2}{\partial \varepsilon} M_2\right) \frac{\partial n_1}{\partial x} \varepsilon \varepsilon dx$$

Mit Hülfe der Gleichungen (4). (7 a). (7 b) und (8) erhält man:

$$dc = -c \left(\frac{I}{n_1} - \frac{v_1}{v_2} \frac{I}{n_2} \right) dn_1$$

$$\epsilon c = -c \left(\frac{I}{n_1} - \frac{v_1}{v_2} \frac{I}{n_2} \right) \epsilon n_1$$

und wir bekommen:

$$\frac{\partial n_1}{\partial x} \varepsilon c = \frac{\partial c}{\partial x} \varepsilon n_1$$

Wird dies in die Gleichung für ω_1' eingesetzt, bekommen wir zuletzt für die ganze Variation des thermodynamischen Potentials:

(9 a)
$$\partial \omega = (\omega_1 + \omega_1') - (\omega + \omega') = \left(M_1 \frac{\partial f_1}{\partial c} \div \frac{v_1}{v_2} M_2 \frac{\partial f_2}{\partial c}\right) \frac{\partial c}{\partial x} \varepsilon n_1 dx$$

Wir müssen noch die Arbeit finden, welche die Kraft während der Variation ausgeführt hat. Die Massen sind durchschnittlich um eine Strecke dx in der Richtung der Kraft geführt worden, und wir bekommen demnach:

$$\partial a = K \cdot (M_1 \varepsilon n_1 + M_2 \varepsilon n_2) dx$$

oder bei Benutzung der Gleichung (7 b):

(9 b)
$$\partial a = K \left(M_1 - \frac{v_1}{v_2} M_2 \right) \varepsilon n_1 dx$$

Werden die gesundenen Werte für ∂a und $\partial \omega$ [Gleichung (9 a) und (9 b)] in die Gleichung (3) eingesetzt, bekommen wir als Bedingung des Gleichgewichts:

$$\left(\frac{M_1}{v_1}\frac{\partial f_1}{\partial c}\frac{(c,p,T)}{\partial c} - \frac{M_2}{v_2}\frac{\partial f_2}{\partial c}\frac{(c,p,T)}{\partial c}\right)\frac{\partial c}{\partial x} = K\left(\frac{M_1}{v_1} - \frac{M_2}{v_2}\right)$$

Eliminieren wir $\frac{\partial f_2}{\partial c}$ mit Hülfe der Gleichung (4) und schreiben wir mit Rücksicht auf die Gleichung (2) n statt x, so erhält man:

(10 a)
$$\frac{\partial f_1(c, p, T)}{\partial c} \left(\frac{M_1}{v_1} + \frac{I}{c} \frac{M_2}{v_2} \right) \frac{\partial c}{\partial n} = K \left(\frac{M_1}{v_1} - \frac{M_2}{v_2} \right)$$

Aus dieser Gleichung geht hervor, dass wenn die Lösung im Gleichgewicht sein soll, ist der Konzentrationsgradient in jedem Punkte der Kraft proportional.

In die Gleichung (10 a) wollen wir versuchen Grössen einzusühren, die mehr unmittelbar zugänglich sind, und beginnen damit, andere Werte für die Verhältnisse $\frac{M_1}{v_1}$ und $\frac{M_2}{v_2}$ zu finden. Diese Grössen bedeuten ja die Molekülarmasse durch das Molekülarvolumen dividiert. Um die Bedeutung dieser Grössen klar zu machen, denken wir uns, dass wir ein sehr grosses Quantum von der Lösung bei der Konzentration ϵ haben. Wird die Flüssigkeit die Masse M_1 der ersten oder M_2 der zweiten Komponente zugesührt, dann wird das Volumen um die Grössen v_1 , bezw. v_2 zunehmen. Statt eines unendlichen Quantums, können wir ein endliches betrachten und der Lösung unendlich kleine Massen $M_1 dn_1$

und M_2dn_2 zusühren. Dadurch werden die Volumen um dv_1 und dv_2 vergrössert und wir haben somit:

$$\frac{M_1}{v_1} = \frac{M_1 dn_1}{dv_1}$$
 und $\frac{M_2}{v_2} = \frac{M_2 dn_2}{dv_3}$

Ist das ganze Volumen der Lösung V, haben wir:

$$\varrho : V = M_1 n_1 + M_2 n_2$$

Wird der Lösung eine Masse $M_1 dn_1$ zugeführt, erhält man:

$$\begin{aligned} \varrho dv_1 + V d\varrho &= M_1 dn_1 \quad \text{und:} \\ \varrho dv_1 + \frac{M_1 n_1 + M_2 n_2}{\varrho} \frac{\partial \varrho}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial n_1} dn_1 &= M_1 dn_1 \end{aligned}$$

Hieraus ergibt sich nach einer einfachen Rechnung:

(11 a)
$$\frac{M_1}{v_1} = \frac{\varrho^2}{\varrho + c(t+c)\frac{\partial\varrho}{\partial c}}$$

Wird die zweite Komponente auf ähnliche Weise behandelt, erhält man:

(11b)
$$\frac{M_2}{v_2} = \frac{e^2}{e - (t+c)\frac{\partial \varrho}{\partial c}}$$

Mit Hülfe der Gleichungen (11 a) und (11 b) können wir leicht den folgenden Ausdruck beweisen:

$$\frac{\partial v_1}{\partial c} + c \frac{M_1}{M_2} \frac{\partial v_2}{\partial c} = 0$$

woraus unmittelbar die Gleichungen:

$$k_1 = v_1$$
 und $k_2 = v_2$ folgen.

Infolge einer bekannten Eigenschaft des thermodynamischen Potentials haben wir:

$$\frac{\partial \omega}{\partial b} = V$$

Werden die Werte für ω und V hier eingesetzt, und bilden wir die partiellen Ableitungen in Bezug auf M_1 n_1 und M_2 n_2 bekommen wir:

$$\frac{\partial f_1}{\partial \rho} = \frac{\varrho + c(I + c)}{\varrho^2} \frac{\partial \varrho}{\partial c} = \frac{v_1}{M_1}$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial \rho} = \frac{\varrho - (\iota + c)}{\varrho^2} \frac{\partial \varrho}{\partial c} = \frac{v_2}{M_{\varrho}}$$

Dies ergiebt:

$$\frac{M_1}{v_1} \frac{\partial f_1}{\partial p} - \frac{M_2}{v_2} \frac{\partial f_2}{\partial p} = o$$

Die Richtigkeit der Gleichungen (8) ist hiermit bewiesen.

Wenn die gefundenen Ausdrücke für $\frac{M_1}{v_1}$ und $\frac{M_2}{v_2}$ in die Gleichung (10 a) hineingesetzt werden, so giebt eine einfache Rechnung:

10 b)
$$e^{\frac{\partial f_1(c, \mathbf{p}, T)}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial n}} = -c (i + c) \frac{\partial \varrho}{\partial c} K$$

Auf diese Weise sehen wir, dass wir nur mit Hülfe der thermodynamischen Gleichgewichtsbedingung eine Bestimmung des Konzentrationsgradients erhalten haben. Das Resultat ist deshalb unabhängig von jeder Hypothese über die innere Konstitution der Lösung. Doch kann die Formel in mathematischem Sinne nicht als exakt angesehen werden. Wir haben im Laufe der Entwickelung angenommen, dass die Flüssigkeit incompressiebel ist, und das die Molekülarvolumen sich nicht viel mit der Konzentration ändern, was doch dem thatsächlichen Verhalten sehr nahe entspricht.

In unserem Ausdrucke für den Konzentrationsgradient ist noch die Funktion $f_1(c, p, T)$ zu bestimmen. Von dieser wissen wir vorläufig nur, dass sie eine der beiden Stoffe karakteristische Funktion ist, die dem thermodynamischen Potentiale in naher Beziehung steht. Bei Duhem ist die Funktion für Lösungen gefunden, wo die Konzentration klein ist, o: für die sogenannten verdünnten Lösungen.

Weiter hat van Laar ² mit dem Ausgangspunkte in der Zustandsgleichung Van der Waals eine algemeinere Gleichung aufgestellt, die auch für konzentrierte Lösungen eine annäherende Geltung haben soll.

Wir werden indessen hier statt f_1 (c, p, T) einen für die unmittelbare Vorstellung mehr zugänglichen Begriff einführen — nämlich der osmotische Druck. Nicht so zu verstehen, dass die Lösung als solche in eigentlichem Sinne einen osmotischen Druck zugeschrieben werden kann; wir werden aber annehmen, dass die Lösung und Lösungsmittel auf beiden Seiten einer halbdurchlässigen Wand im Gleichgewicht ist. Die Differenz zwischen den hydrostatischen Drücken der beiden Seiten der Membrane — der osmotische Druck π — steht jetzt in der folgenden einfachen Verbindung mit der Funktion f_1 (c, p, T).

(12)
$$f_1(o, p, T) - f_1(c, p, T) = \frac{I}{\rho_0} \pi$$

¹ Mécanique Climique Tome III Livre VI. Pag. 44.

² Siehe: J. J. van Laar: Sechs Vorträge über das thermodynamishe Potential, 1906, P. 85.

 ϱ_o ist die Dichte des reinen Lösungsmittels, indem wir in der ganzen Entwickelung mit Masseneinheiten gerechnet haben. ρ ist der Druck auf die Seite der Membrane, wo die Lösung sich befindet. Um diese Gleichungen in unserem Falle anzuwenden, müssen wir uns deshalb denken, dass wir schon die Lösung unter diesen Druck gesetzt haben. Wird die Gleichung (12) in Bezug auf c partiell abgeleitet, erhält man:

$$-\frac{\partial f_1(c, p, T)}{\partial c} = \frac{I}{\varrho_0} \left(\frac{\partial \pi}{\partial c} \right)_p$$

 $\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_p$ bedeutet die Änderung des osmotischen Druckes für eine Einheit der Konzentrationsänderung, wenn die Temperatur und der Druck in der Lösung konstant gehalten werden. Dies in die Gleichung (10 b) eingesetzt ergiebt:

(10 c)
$$\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_{\rho} \frac{\partial c}{\partial n} = \frac{\varrho_{o}}{\varrho} c (r+c) \frac{\partial \varrho}{\partial c} \cdot K.$$

Es muss bemerkt werden, dass diese Gleichung für jede Konzentration gültig ist.

Wird der Wert für $\frac{\partial c}{\partial n}$ in Gleichung (2) eingesetzt erhält man:

(13 a)
$$dc = -\frac{\varrho_o}{\varrho} \frac{c(t+c)}{\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_p} \frac{\partial \varrho}{\partial c} dU$$

Die Grössen $\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_p$, $\frac{\partial \varrho}{\partial c}$ und ϱ sind für das betrachtete flüssige Gemisch bestimmte stetige Funktionen von c, p und T. Da wir die Flüssigkeit als inkompressiebel betrachtet haben und da $\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_p$ mit grosser Annäherung vom Drucke unabhängig ist, können wir die drei Grössen als Funktion von c und T allein betrachten. Der Ausdruck (13 a) ist dann ein exaktes Differential, und wir bekommen bei der Intigration:

(13b)
$$\int \frac{\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_{p} \varrho}{\varrho_{o} c (1+c) \frac{\partial \varrho}{\partial c}} dc = U$$

Der Ausdruck links giebt integriert eine Funktion der Konzentration, die doch als Parameter die Temperatur, aber nicht den Druck enthält. Bei Gleichung (13 b) ist somit die Konzentration als Funktion der Koordinaten bestimmt worden.

Wir werden ein Paar spezielle Fälle betrachten:

1) Die Lözung ist der Wirkung der Schwere ausgesetzt. Dan haben wir:

$$U = gh + \text{konstant}$$
.

g ist die Beschleunigung der Schwere, h die Höhe über einen feste Horizontalplan. Dies in Gleichung (13 a) eingesetzt ergiebt:

(10 d)
$$dc = -\frac{\varrho \circ c}{\varrho} \frac{c(\iota + c)}{\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_p} \frac{\partial \varrho}{\partial c} g \partial h$$

2) Die Lösung befindet sich in einem Gefäss, das sich mit konstanter Geschwindigkeit um eine vertikale Achse dreht. Es wird ang nommen, dass die Flüssigkeit der Bewegung des Gefässes folgt. W werden das Potential U suchen, das sich auf ein Koordinatensysten bezieht, wo die Z-Achse mit der Rotationsachse zusammenfällt und d beiden anderen Achsen der Bewegung folgen. Dann erhält man:

$$dU = g dz - \gamma^2 (x dx + y dy)$$
 und somi

(10 c)
$$dc = \frac{\varrho_o}{\varrho} \frac{c(t+c)}{\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_p} \frac{\partial \varrho}{\partial c} \left[\gamma^2 \cdot (x \, dx + y \, dy) - g \, ds \right]$$

Für die Resultante der Krastintensität in dem betrachteten Punkt erhält man weiter:

$$K = \sqrt{g^2 + \gamma \cdot 4(x^2 + y^2)} = \sqrt{g^2 + \gamma^4 R^2}$$

Da der Konzentrationsgradient der Krast proportional ist, sehen wi wenn c und $\frac{\partial \varrho}{\partial c}$ nicht sehr klein sind, dass es möglich wäre, R ung so gross zu machen, dass wir eine ganz beträchtliche Änderung de Konzentration von Ort zu Ort erhielten. Man müsste mit andere Worten erwarten, dass Lösungen, für welche $\frac{\partial \varrho}{\partial c}$ einen nicht geringen Wei hat, theilweise separiert werden könnten, auf ähnliche Weise wie Milc und Sahne in einem Separator getrennt werden. Doch wird die Trer nung hier niemals eine vollständige sein können. Ausserdem wird ϵ

mit grossen Schwierigkeiten verbunden sein, den Versuch auszuführen. Damit die Trennung sichtbar gemacht werden konnte, musste die Drehung lange vor sich gehen, — weil die Diffussionsgeschwindigkeit sehr gering ist — und die Bewegung gleichförmig sein. Weiter musste Temperaturdifferentzen vermieden werden, da sonst Strömungen in der Flüssigkeit entstehen würden.

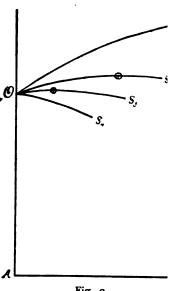
Von dem Ausdrucke für den Konzentrationsgradient sehen wir, dass er — unabhängig von der Grösse der Kraft —, gleich o ist, wenn $\frac{\partial \varrho}{\partial c}$ bei der gegenwärtige Konzentration gleich o ist. Für eine solche Lösung wird somit dc = o, und die Konzentration wird über der ganzen Lösung konstant sein. Wir nehmen an, dass wir nur mit der Wirkung der Schwere zu thun haben und wir werden den Ausdruck (10d) näher betrachten. Ist hier $\frac{\partial \varrho}{\partial c}$ positiv, wird die Dichte mit der Konzentration wachsen, und die Konzentration wird mit der Höhe abnehmen. Wenn $\frac{\partial \varrho}{\partial c}$ negativ ist, wächst die Konzentration aufwärts. Hieraus ergiebt sich somit, was wir am Anfang dieses Aufsatzes ausgesprochen haben, dass der Schwerpunkt der Lösung durch die Kraft in beiden Fällen erniedrigt wird.

Für jede Lösung kann, mit konstant gehaltener Temperatur und Druck, die Dichte als Funktion der Konzentration betrachtet werden. Diese Funktion kann auf die bekannte Weise dargestellt werden, indem ϱ der Abstand von dem Punkte zu einem festen Linienstück A-B (fig. 2) proportional gesetzt wird, und c durch das Verhältnis der Abstände von dem Punkte bis zwei auf A-B senkrecht stehenden Linien bestimmt ist. Jede Lösung giebt eine Kurve. In einem Punkte, wo $\frac{\partial \varrho}{\partial c}$ gleich o ist, ist die Tangente der Linie A-B parallel, und die Dichte hat für diesen Konzentration ein intermediäres Maximum (oder Minimum). Wenn ρ eine Ganze nicht liniäre Funktion von c ist, wäre es immer möglich einen oder mehrere Werte der Konzentration zu für welche $\frac{\partial \varrho}{\partial c}$ gleich o ist. Sollen indessen diese Werte eine physikalische Bedeutung haben, müssen sie positiv und reell sein, ausserdem innerhalb des Löslichkeitgebiets liegen. In der That werden wir finden, dass es für die meisten Lösungen kein Mischungsverhältnis giebt, für welches die Konzentration über die ganze Lösung konstant ist. Da die Kontraktion bei Auflösung klein ist, können wir schliessen, dass die Lösungen, für welche der Gradient verschwindet, aus Komponenten bestehen muss, deren Dichte wenig von einander verschieden sind.

, : 1

Diese Verhältnisse sind durch die beigefügte Figur 2 dargestellt worden, wo wir uns gedacht haben, dass vier Stoffe S_1 , S_2 , S_3 und S_4 in demselben Lösungsmittel O aufgelöst worden sind. Die Dichtigkeitskurve wird entweder überall steigen, wie OS1, oder fallen, wie OS₄. Nur solche Kurven, die fast horizontal laufen, können Maximalpunkte besitzen.

Wir werden zuletzt einen Vergleich zwischen Lösungen und Gasen in dieser Beziehung anstellen. Für Gase haben wir, wenn die absolute Dichte mit σ bezeichnet wird:



(14 a)
$$\frac{\partial \sigma}{\partial h} = -\frac{M_1' g}{RT} \sigma$$

Wo R die Gaskonstante auf der Molekülarmasse M_1 bezogen ist.

Um einen Ausdruck für die Lösung zu erhalten, der mit dies vergleichbar ist, müssen wir eine andere Definition der Konzentrat einsühren, indem wir jetzt mit der Konzentration die Masse des a gelösten Stoffes in der Volumeneinheit verstehen. Wird die derges definierte Konzentration mit C bezeichnet, erhält man die Transformatic gleichungen:

$$C\left(\frac{1}{c} + 1\right) = \varrho$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial c}\right)_{p} = \left(\frac{\partial u}{\partial C}\right)_{p} \frac{dC}{dc}$$

$$\frac{\partial c}{\partial h} = \frac{\partial C}{\partial h} \frac{\partial c}{\partial C}$$

Dies in Gleichung (10d) eingesetzt giebt somit:

(10e)
$$\left(\frac{\partial \pi}{\partial C}\right)_{p} \frac{\partial C}{\partial h} = -\frac{\varrho_{0}}{\varrho} c (t+c) \frac{\partial \varrho}{\partial c} g$$

Den Ausdruck rechts wollen wir nicht transformieren. Ist die L ung nicht sehr konzentriert, hat man annähernd:

$$\left(\frac{\partial \pi}{\partial C}\right)_{p} = \frac{1}{M_{1}} RT$$

R hat denselben Wert wie früher. Dies eingesetzt ergiebt somit:

(14b)
$$\frac{\partial C}{\partial h} = -\frac{\varrho_0}{\varrho} \frac{M_1}{RT} c \left(1 + c \frac{\partial \varrho}{\partial c} g\right)$$

Ein Blick auf die Gleichungen (14 a) und (14 b) wird uns sogleich zeigen, dass Lösungen und Gase in Bezug auf die Veränderung der Konzentration mit der Höhe sich fundamental verschieden verhalten. So wird z. B. für Lösungen $\frac{\partial C}{\partial h}$ gleich o sein können, ohne dass die Konzentration selbst gleich o ist, und dies kann ebensogut für die grössten Konzentrationen stattfinden. Für Gase wird dagegen der Konzentrationsfall niemals gleich o werden, sondern sich allein den Wert o nähern, wenn die Dichte unendlich abnimmt. Doch möchte man sagen, dass Lösungen und Gase sich gegen Übereinstimmung bei unendlich grosser Verdünnung nähern, weil dann sowohl $\frac{\partial C}{\partial h}$ als $\frac{\partial \sigma}{\partial h}$ sich o nähern. Die Analogie zwischen Lösungen und Gasen hat Van Laar im dem oben genannten Werke von einem anderen Gesichtspunkte aus behandelt, und kommt zu demselben Resultat, dass nur bei unendlicher Verdünnung eine angenäherte Übereinstimmung eintritt, während die Ähnlichkeit für konzentrierte Lösungen verloren geht.

In der folgenden Tabelle ist $\frac{\partial C}{\partial h}$ nach Gleichung (14 b) für wässerige Rohrzucker- und Kaliumhydratlösungen für einige Konzentrationen berechnet worden¹. Die Zahlen sind auf das absolute Maassystem bezogen.

$$\frac{\partial C}{\partial h}$$
 ist also von der Dimention | Masse-Länge | = | gr. cm.

| | Rohrzucker-Lösung | | KOH-Lösung | |
|----------|-------------------|----------|---------------------------------------|---|
| С | <u>∂</u> <i>و</i> | ∂C ∂h | $\frac{\partial \varrho}{\partial c}$ | $i \cdot \frac{\partial C}{\partial h}$ |
| 1/19 | 0.380 | 2.87.10 | 0.720 | 0.87.10 |
| 1/9 | 0.337 | 5.57 - | 0.720 | 1.87 - |
| 3/17 | 0.311 | 8.49 - | 0.650 | 2.72 - |
| 1/4 | 0.286 | 11.50 - | 0.700 | 4.23 - |
| 1,′3 | 0.260 | 14.55 - | 0.590 | 4.85 - |
| 1 | 0.138 | 31.20 - | 0.32 | 9.45 - |

Hinsichtlich der Berechnung für die Kaliumhydratlösung müssen wir bemerken, dass eine solche Lösung als dissoziiert angenommen wird. Eine solche Lösung ist dann nicht in eigentlichem Sinne binär. Da

¹ Die Dichtebestimmungen sind aus den Tabellen von Landolt und Börnstein genommen.

indessen die elektrische Wirkung zwischen den Jonen gegenüber der der Schwerkraft sehr gross ist, können wir hier annehmen, dass die Jonen-paare durch die Schwere nicht getrennt werden können. Hieraus folgt, dass die Gleichung (10 a) auch für elektrolyten eine sehr angenäherte Geltung hat. Dass diese Annahme gemacht werden kann, geht auch daraus hervor, dass sonst die Schwere eine elektrische Verschiebung verursachen würde.

Die Gleichung (14 b) können wir indessen nicht ohne weiteres auf Elektrolyten anwenden. Dagegen können wir setzen:

$$\left(\frac{\partial \pi}{\partial C}\right)_{p} = i \cdot \frac{I}{M} \cdot RT$$

wo i die von Van't Hoff eingeführte Dissoziationskonstante ist, die doch gewöhnlich von der Konzentration abhängig ist. Wir bekommen somit:

$$i\frac{\partial C}{\partial h} = -\frac{\varrho_0}{\varrho} \frac{M_1}{RT} c (t + c) \cdot \frac{\partial \varrho}{\partial c} g$$

§ 2.

Über die Variation des osmotischen Druckes mit dem äusseren Drucke.

In § I ist der osmotische Druck schon erwähnt worden und ebenso was damit zu verstehen ist. Auf diese Weise definiert wird der osmotische Druck ausser von Temperatur und Konzentration auch von dem Drucke abhängen, für welchen die Flüssigkeit auf einer Seite der Membrane ausgesetzt worden ist. Passiert man die Membrane von der Lösung zum Lösungsmittel wird der hydrostatische Druck von p bis p_0 fallen und der osmotische Druck π ist durch die Gleichung definiert:

$$\pi = p - p_0$$

jetzt haben wir zugleich

20

ŗ

(2 a)
$$\pi = \varphi(c, p, T)$$

und wenn p aus Gleichung (1) eingesetzt wird

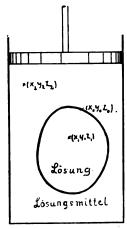
$$n = \varphi(c, \pi + p_o, T)$$

Diese in Bezug auf π aufgelöst giebt:

(2 b)
$$\pi = \varphi_o(c, p_o, T)$$

Es ist demach gleichgültig, ob wir π als Funktion von p oder p_o betrachten.

Wir werden jetzt versuchen, den Einfluss des äusseren Druckes auf dem osmotischen zu finden. Zu dem Zwecke wollen wir die partiellen Ableitungen von π in Bezug auf p oder p_0 — also die Grösse $\frac{\partial \pi}{\partial p}$ oder $\frac{\partial \pi}{\partial p_0}$ — finden. Wir werden annehmen, dass wir in einer ponderabelen Flüssigkeit einen ponderablen Stoff aufgelöst haben. Die Lösung ist durch eine halbdurchlässige Wand vom Lösungsmittel getrennt. Die Membrane bildet eine geschlossene Fläche, die wir uns durch eine Gleichung $\psi(x, y, z) = 0$ gegeben denken (Fig. 3).



Wir werden weiter annehmen, was sich in der That nicht realisieren lässt, das die Membrane unendlich dünnwändig ist, gleichzeitig damit, dass sie grosse Drücke dulden kann. (Dies kann annähernd erreicht werden, wenn man die Membrane in einer Thonzelle besestigt).

Wir betrachten das System, nachdem der ideale Gleichgewichtszustand eingetreten ist. So lange wir uns in der einen Flüssigkeit befinden, muss die gewöhnliche Bedingung für das mechanische Gleichgewicht erfüllt sein. Laut Gleichung (1) § 1 erhält man dann:

Fig. 3.

1) für die Umgebung eines Punktes (x_1, y_1, z_1) der Lösung

$$dp = -e\left(\frac{\partial U(x_1y_1z_1)}{\partial x}dx + \frac{\partial U(x_1y_1z_1)}{\partial y}dy + \frac{\partial U(x_1y_1z_1)}{\partial z}dz\right)$$

2) für einen Punkt (x_2, y_2, s_2) des Lösungsmittels:

$$dp_o = -\varrho_o \left(\frac{\partial U(x_2 y_2 z_2)}{\partial x} dx + \frac{\partial U(x_2 y_2 z_2)}{\partial y} dy + \frac{\partial U(x_2 y_2 z_2)}{\partial z} dz \right)$$

U bedeutet wie früher das Potential für das Feld, das dem System unterworsen ist. Geht man jetzt zu der Grenzfläche, und $(x_1 y_1 s_1)$ mit $(x_2 y_2 s_2)$ in dem Punkte $(x_0 y_0 s_0)$ zusammenfallen lässt, erhält man:

(3 a)
$$\begin{cases} d\pi = dp - dp_0 = -(\varrho - \varrho_0) \left(\frac{\partial U(x_0 y_0 z_0)}{\partial x} dx + \frac{\partial U(x_0 y_0 z_0)}{\partial y} dy + \frac{\partial U(x_0 y_0 z_0)}{\partial z} dx \right) \\ \frac{\partial \psi(x_0 y_0 z_0)}{\partial x} dx + \frac{\partial \psi(x_0 y_0 z_0)}{\partial y} dy + \frac{\partial \psi(x_0 y_0 z_0)}{\partial z} dz = 0 \end{cases}$$

Ausserdem haben wir infolge (2 a) π als Funktion von T, c und p. Die Temperatur wird über das ganze System konstant angenommen, während p und c mit den Koordinaten variiert. Man erhält somit.

$$d\pi = \left(\frac{\partial \pi}{\partial p}\right)_{p} dc + \frac{\partial \pi}{\partial p} dp$$

Werden die Werten für dc und dp aus den Gleichungen (1) und (2) § 1 eingesetzt, erhält man:

$$\begin{pmatrix}
d\pi = -\left[\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_{\rho} \frac{\partial c}{\partial n} \frac{I}{K} + \frac{\partial \pi}{\partial \rho} e\right] \left(\frac{\partial U(x_0 y_0 z_0)}{\partial x} dx + \frac{\partial U(x_0 y_0 z_0)}{\partial y} dy + \frac{\partial U(x_0 y_0 z_0)}{\partial x} dy + \frac{\partial U(x_0 y_0 z_0)}{\partial x} dy + \frac{\partial U(x_0 y_0 z_0)}{\partial y} dy + \frac{\partial U(x_0 y_0 z_0)}{\partial z} dz = 0
\end{pmatrix}$$

Da die beiden Ausdrücke für dieselbe Variation von π der Membrane entlang identisch sein müssen, erhält man als notwendige Bedingung dafür:

(4 a)
$$\varrho - \varrho_0 = \left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_p \frac{\partial c}{\partial n} \frac{l}{K} + \varrho \frac{\partial \pi}{\partial p}$$

Wählen wir p_0 statt p als Veränderliche erhält man auf ähnliche Weise:

(4b)
$$\varrho - \varrho_0 = \left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_{p_0} \frac{\partial c}{\partial n} \frac{I}{K} + \varrho_0 \frac{\partial \pi}{\partial p_0}$$

Bei den Gleichungen (4 a) und (4 b) ist eine einfache Verbindung zwischen dem Konzentrationsgradient un der Abhängigkeit des osmotischen Druckes mit dem äusseren Drucke zustande gebracht, eine Verbindung, die gestattet, einer dieser Grössen zu berechnen, wenn die andere bekannt ist. Bei der Entwickelung dieser Formel ist nichts angenommen, das die Allgemeinheit der Lösung beschränkt. Die Flüssigkeit mag auch wohl compressiebel sein. Die Formel wird gelten, insofern überhaupt die Flüssigkeit die Gleichgewichtsbedingung (1. § 1) erfüllt, die für eine ideale Flüssigkeit Geltung hat.

Wir werden hier die Formel zur Berechnung von $\frac{\partial \pi}{\partial p}$ anwenden, da wir ja schon im ersten Abschnitte einen Wert für $\frac{\partial c}{\partial n}$ gefunden haben. Mit Zühülsenahme der Gleichung (10 c) § 1 erhalt man somit:

(5)
$$\frac{\partial \pi}{\partial p} = \frac{\varrho - \varrho_o}{\varrho} - \frac{\varrho_o}{\varrho^2} c(\iota + c) \frac{\partial \varrho}{\partial c}.$$

Der Ausdruck, den wir für die Abhängigkeit des osmotischen Druckes von dem äusseren Druck auf diese Weise gefunden haben, ist jetzt in voller Übereinstimmung mit der von Planck und Duhem auf anderem Wege gefundenen Gleichungen.

Planck 1 hat das Gesetzt so ausgedrückt:

$$v_o dp_o = vdp$$

 v_o ist das Volumen von 1 gr. Lösungsmittel, v ist der Zuwachs des Volumens einer sehr grossen Quantität der Lösung, wenn 1 gr. Lösungsmittel zugeführt wird. Wird die Gleichung (1) in Betracht genommen erhält man:

(6)
$$\frac{\partial \pi}{\partial p} = I - \frac{v}{v_0}$$

Um das Verhältnis $\frac{v}{v_o}$ zu finden, wollen wir anstatt eines unendlichen Quantums ein endliches nehmen und eine unendlich kleine Masse des Lösungsmittels zuführen. Wir haben wie früher:

$$V \cdot \rho \cdot = M_1 n_1 + M_2 n_2$$

Wird von der ersten Komponente eine Masse $M_1 dn_1 = \varrho_0 dv_0$ zugeführt erhält man:

(7)
$$\frac{dv}{dv_o} = \frac{v}{v_o} = \frac{\varrho_o}{\varrho} \left(t + \frac{I}{\varrho} c \left(t + c \right) \frac{\partial \varrho}{\partial c} \right)$$

Aus der Gleichungen (6) und (7) ergiebt sich fast unmittelbar 'die Gleichung (5).

Bei Duhem² ist die folgende Formel entwickelt:

$$\frac{P_{1}-P}{II_{1}^{1}-II} = \frac{u_{1}(T)-v(c,T)+c(t+c)\frac{\partial v(c,T)}{\partial c}}{v(c,T)-c(t+c)\frac{\partial v(c,T)}{\partial c}}$$

Der Ausdruck links entspricht ganz was wir $\frac{\partial \pi}{\partial \rho}$ genannt baben Weiter ist:

$$u_1(T) = \frac{1}{\rho_0}$$
 und $v(c,T) = \frac{1}{\rho}$

Wird dies eingesetzt erhält man:

$$\frac{\partial \pi}{\partial \rho} = \frac{\frac{\varrho_o}{\varrho_o} - \left(1 + \frac{1}{\varrho}c(1+c)\frac{\partial \varrho}{\partial c}\right)}{1 + \frac{1}{\varrho}c(1+c)\frac{\partial \varrho}{\partial c}}$$

¹ Planck: Zeitschrift für physikalische Chemie 43 Pag. 584.

² Mécanique Chimique: Tome IV Livre VI, P. 65.

und mit Hülse der Gleichung (7)

$$\frac{\partial \pi}{\partial p} = \frac{I - \frac{v}{v_o}}{\frac{v}{v_o}}$$

Nun ist indessen $\left(1-\frac{v}{v_o}\right)$ eine sehr kleine Grösse im Vergleich mit der Einheit. Wir können deshalb mit derselben Genauigkeit, wie früher verlangt worden ist, in dem Nenner $\frac{v}{v_o}$ gleich eins setzen, und man erhält die Formel von Planck.

Die Formel (4 a) gilt, wie erwähnt worden ist, unabhängig von der Kompressibilität und unabhängig davon, dass die Molekülarvolumen mit der Konzentration variieren. Bei der Formel von Plauck ist auch die Kontraktion in Betracht gezogen. Von den Gleichungen (4 a), (6) und (7) können wir jetzt umgekehrt den im § 1 gefundenen Ausdruck für den Konzentrationsgradient herleiten. Hieraus ergiebt sich somit, dass dieser Ausdruck annähernd auch dann Geltung hat, wenn die Molekülarvolumen mit der Konzentration variieren. Wäre die Formel von Duhem als richtig anzusehen, würde man mit Hülse der Gleichung (4 a) sür den Gradient den Ausdruck:

$$\frac{\frac{1}{K} \left(\frac{\partial \pi}{\partial c} \right)_{p} \frac{\partial c}{\partial n} = \underbrace{\left(\varrho - \varrho_{o} \right) \left(\frac{v}{v_{o}} - I \right) + \frac{\varrho_{o}}{\varrho}}_{\frac{v}{v_{o}}} c \left(I + c \right) \frac{\partial \varrho}{\partial c}}_{\text{bekommen.}}$$
 bekommen.

Für $\frac{v}{v_0} = t$ geht diese Formel in die im § 1 gefundene über.

Die Abhängigkeit des osmotischen Druckes vom äusseren Drucke ist auch von O. E. Schötz ¹ theoretisch behandelt worden. Er kommt zu dem Resultat, dass die Veränderung des Druckes auf beiden Seiten der Membrane, bei der folgende Gleichung verbunden wird:

$$\varrho dp = \varrho_o dp$$

und somit:

$$\frac{\partial \pi}{\partial \rho} = \frac{\varrho - \varrho_0}{\rho}$$

¹ E O. Schiötz: Über die Abhängigkeit des osmot, Druckes und der Dampsspannung von dem Drucke (Boltzmann-Festschrift 1904 P. 618).

Dieser Wert für $\frac{\partial \pi}{\partial \rho}$ ist, wie wir sehen, von dem von uns früher gefundenen wesentlich verschieben. Der Grund für die Nichtübereinstimmung ist darin zu suchen, dass Schiötz bei der Entwickelung dieser Formel nicht in Betracht gezogen hat, dass die Konzentration sich mit der Höhe verändert. Dies wird ja, wie wir gesehen haben, der Fall sein. Doch geht es von unser Formel hervor, dass, wenn die Lösung die Eigenschaft hat, dass $\frac{\partial c}{\partial n}$ gleich o ist, so wird für diese besondere Lösung, die von Schiötz entwickelte Formel, Geltung haben.

Wir werden zuletzt ein Paar Bemerkungen hinsichtlich der Variation des osmotischen Druckes mit der Konzentration machen. Um die Wirkung der Konzentration zu untersuchen, können wir uns denken, dass diese verändert wird, während die Temperatur konstant gehalten wird; aber noch kann die Änderung der Konzentration unter zwei verschiedenen Bedingungen vor sich gehen.

Entweder kann der Druck in der Lösung konstant gehalten werden; wir bekommen dann das Variationsverhältnis, das wir mit $\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_p$ bezeichnet haben; oder wir können, was gewöhnlich der Fall ist, den Druck über dem Lösungsmittel konstant halten und wir bekommen $\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_p$.

Wir können jetzt zeigen, dass diese zwei Grössen gewöhnlich von einander verschieden sein müssen. Werden die Gleichungen (4 a) und (4 b) subtrahiert, ergiebt sich:

$$\left[\left(\frac{\partial \pi}{\partial c} \right)_{p} - \left(\frac{\partial \pi}{\partial c} \right)_{p_{o}} \right] \frac{1}{K} \frac{\partial c}{\partial n} = \varrho_{o} \frac{\partial \pi}{\partial p_{o}} - \varrho \frac{\partial \pi}{\partial p}$$

Wir werden jetzt voraussetzen, dass $\frac{\partial c}{\partial n}$ einen endlichen Wert hat, was auch allgemein der Fall ist. Die hinreichende und notwendige Bedingung dafür, dass $\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_{p}$ gleich $\left(\frac{\partial \pi}{\partial c}\right)_{p_0}$ ist, ist dann, dass:

(8)
$$\varrho_{o} \frac{\partial \pi}{\partial \rho_{o}} = \varrho \frac{\partial \pi}{\partial \rho} \quad \text{ist.}$$

Diese Gleichung (8) wird indessen gewöhnlich nicht erfüllt sein. Um dies zu beweisen, wollen wir annehmen, dass wir den Druck auf beiden



•

.

-





. . .

